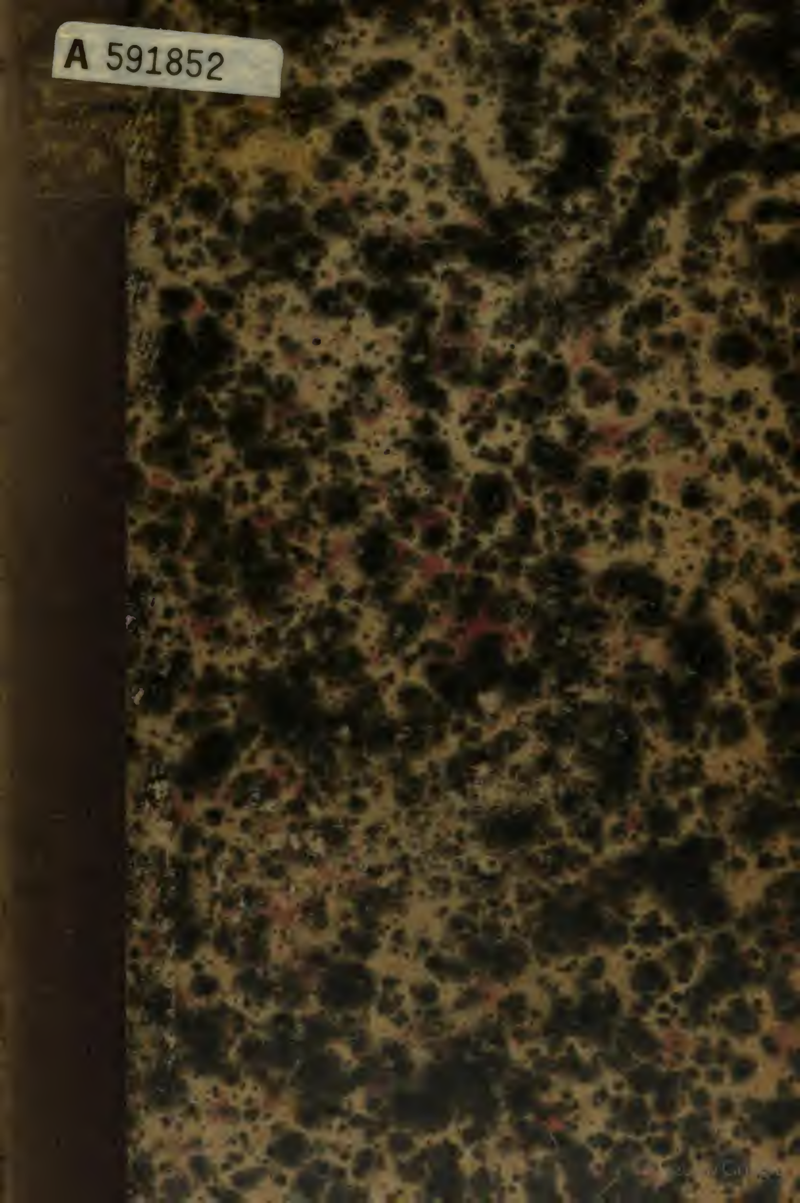






Der

Wunderbau des Weltalls,

oder

Populäre Astronomie

von



Dr. **J. H. v. MÄDLER,**

Kaiserlich-Russischem wirklichem Staatsrath, Professor emeritus zu Dorpat, ordentlichem Commandeur des Ordens Karl III. von Spanien, des St. Annen-Ordens 2. Klasse; Ritter des St. Wladimir-Ordens 3 und des Preuss. rothen Adler-Ordens 3. Klasse; Mitglied der Akademieen zu München, Wien und Madrid, der Leopoldinischen-deutschen Akademie und der Royal Society zu London etc. etc.

Mit dem Portrait des Verfassers.

Nebst einem **Atlas:** Astronomische Tafeln, Abbildungen und Sternkarten enthaltend.

Sechste Auflage.

BERLIN, 1867.

Carl Heymann's Verlag (A. E. Wagner.).

Vorrede zur ersten Auflage.

Das Vaterland verlassend, um einem Rufe nach Russland zu folgen, beabsichtige ich, mit dem vorliegenden Werke den Beschluss meines astronomischen Wirkens in meiner Vaterstadt zu machen; aber erst von der Ferne aus konnte das Ganze vollendet werden, was einige Druck- und Interpunktionsfehler etc. zur Folge gehabt hat, die der geneigte Leser entschuldigen und die unwesentlicheren die nicht in dem angehängten Verzeichniss mit aufgenommen sind, selbst verbessern wolle.

Seit einer Reihe von Jahren habe ich Vorlesungen über Himmelskunde im populären Sinne gehalten, deren steigende Frequenz mir den Beweis lieferte, dass meine Bemühungen keine verfehlte und erfolglose blieben. Hier nun war es besonders, wo sich der Wunsch nach einem, denselben Lehrgang und die gleiche Behandlungsweise durchführenden, astronomischen Werke aussprach, wie es denn auch durch diese Vorträge unmittelbar entstanden ist. Etwas Ueberflüssiges fürchte ich in keiner Weise gegeben zu haben. Diejenigen

Werke, die eine ganz andere Tendenz haben und sich auch nicht als populäre Schriften ankündigen, stehen hier ausser der Vergleichung; ob an ihnen Mangel oder Ueberfluss sei, kommt hier nicht in Betracht. Die sich populär nennenden sind leider nur zu häufig von solchen geschrieben, denen eine gründliche Kenntniss des Gegenstandes, zumal von seiner praktischen Seite abgeht — und es ist gewiss einer der schlimmsten Irrthümer, dass man glaubt, um das Volk zu belehren, brauche man den zu behandelnden Gegenstand selbst nur oberflächlich zu kennen — oder denen, bei an sich gründlicher Kenntniss, der pädagogische Takt abgeht, ohne welchen der Vortrag ungeniessbar und unverständlich für das Volk werden muss. Endlich besitzen wir, wiewohl in geringer Zahl, Arbeiten praktischer und bewährter Astronomen, die keinen der hier angeführten wesentlichen Mängel sich zu Schulden kommen lassen, aber theils sind sie zu voluminös nnd umfassen zu viel von den Hilfswissenschaften der Astronomie, theils gehen sie zu wenig auf die speciellen Verhältnisse der einzelnen Weltkörper ein, während es doch gerade diese sind, welche das Studium astronomischer Schriften für den Laien so überaus interessant machen.

Ob und wie weit es mir gelungen sei, den Forderungen Genüge zu leisten, die ich vorstehend angedeutet habe, muss dem Urtheile der Kenner anheimgestellt bleiben: wohl aber können sie das Ziel bezeichnen, welches ich vor Augen hatte. Weitläuftige Digressionen über blos mögliche Verhältnisse habe ich sorgfältig vermieden und überhaupt die Popularität nicht im Wortreichthum suchen zu müssen geglaubt. Wo dagegen die kürzere und elegantere Entwickelung nicht die gemeinverständlichste war, habe ich letztere vorgezogen und das, was einer elementaren Herleitung durchaus unfähig ist, nicht durch Scheinbeweise gestützt, sondern als transcendent für unsern Standpunkt bezeichnet.

Vor Allem aber bin ich bemüht gewesen, das, was wir über die besondere (physische) Beschaffenheit jedes Weltkör-

pers durch Beobachtungen wissen nnd aus ihnen weiter folgern können, in möglichster Vollständigkeit mitzutheilen. Die Topographie des Sonnensystems, sowie die übrigen eigentlich beschreibenden Abschnitte, betrachte ich als diejenigen Theile meines Werkes, die das meiste und allgemeinste Interesse zu erregen geeignet sind, und in denen ich Alles zusammenzustellen versuchte, was gerade die neueste Zeit uns kennen gelehrt hat, und was man noch wenig oder gar nicht in populären Schriften findet. Meine eignen Forschungen über verschiedene Gegenstände der physischen Astronomie habe ich gehörigen Orts mit aufgenommen; der Abschnitt über den Mond ist fast allein auf diese gegründet. — Die Figuren, welche zur Erläuterung nöthig schienen, sind dem Werke beigegeben; nicht minder werden in einem besonderen Atlas Darstellungen der Oberflächen verschiedener Weltkörper, so wie einige Sternkarten mitgetheilt, die den Freunden der Astronomie nicht unwillkommen sein dürften, weshalb ich den Herrn Verleger veranlasst habe, diesen Atlas auch einzeln zu verkaufen.

Dorpat 1841.

J. H. Mädler.

Vorrede zur zweiten Auflage.

Bei dieser neuen Auflage war es mein Bestreben, einerseits die zahlreichen Erweiterungen, welche die Wissenschaft der jüngsten Zeit verdankt, so weit sie in den Plan meines Werkes gehören, darin aufzunehmen und mit dem Ganzen zu verweben, andrerseits aber die nicht unbedeutenden Mängel zu beseitigen, mit denen — grösstentheils veranlasst durch meine gleichzeitige Uebersiedelung nach Dorpat — die erste, 1841 erschienene, Ausgabe behaftet war. Hierzu war die sorgfältigste und wiederholte Durchsicht unerlässlich und man wird nur wenige Seiten finden, welche nicht irgend eine Verbesserung erfahren hätten. Eine Vergleichung beider Ausgaben wird zugleich zeigen, dass ich auch die mir bekannt gewordenen Recensionen nicht unbeachtet gelassen habe. Nur habe ich mich nicht entschliessen können, den kurzen geschichtlichen Abriss, der den Schluss des Werkes bildet, nach dem Wunsche des Recensenten in der Jenaischen Literaturzeitung an den Anfang desselben zu versetzen. Was für eine streng-wissenschaftliche, systematische Arbeit ganz in der Ordnung ist, kann nicht unbedingt maassgebend sein für eine der populären Belehrung gewidmete Schrift.

Als neu hinzugekommen hebe ich besonders heraus eine Tafel der Planeten, ein Verzeichniss der wichtigsten Himmelskarten, eine — in der ersten Auflage durch einen Zufall fehlende — Erklärung der Aberration; die Geschichte der Astronomie seit 1800, und eine Darstellung der Mondlandschaft Petavius nebst Erklärung. — Die Tafel für die Grade des

Erdsphäroids ist nach den neuesten Bessel'schen Resultaten ganz umgearbeitet, die Kometentafel und die Geschichte der Kometenerscheinungen erweitert, berichtigt und bis auf die neueste Zeit fortgeführt, die Chronologie wesentlich umgestaltet und vermehrt. Die Topographie des Planetensystems hat gleichfalls erhebliche Bereicherungen und Berichtigungen erhalten, die zum Theil auf eignen Beobachtungen beruhen, und ein Gleiches gilt vom zehnten Abschnitt, der von den Doppelsternen handelt. Hier sind sämmtliche Bahnen, unter Zuziehung der neuern Beobachtungen des Verf. und andrer Astronomen, neu berechnet. Hätte ich hier alle wesentlichen Resultate der neuesten Forschungen zusammenstellen wollen, so würde dieser schon jetzt beträchtlich starke Abschnitt mindestens um das Dreifache erweitert worden sein, und dies gestatteten die Grenzen nicht, welche ich mir nothwendig setzen musste. Dieser gegenwärtig wichtigste Theil der Astronomie erfordert eine gesonderte Behandlung, und ich beabsichtige eine solche in nicht zu langer Frist erscheinen zu lassen.

Auf grössere Fasslichkeit und strengere Folgerichtigkeit der Erklärungen, wo dies erforderlich schien, habe ich gleichfalls mein Augenmerk gerichtet. Durchgeführte Berechnungen wird man nur wenige finden; mit Andeutungen des Ganges derselben bin ich gleichfalls sparsam gewesen, da beides nicht eigentlich in den Plan des Werks gehört und deshalb nur da, wo die Nothwendigkeit es zu erheischen schien, aufgenommen wurde.

Möge dann das Werk in dieser neuen und würdigeren Gestalt sich desselben Beifalls erfreuen, der ihm schon bei seinem ersten Erscheinen zu Theil wurde, und den ich stets zu erhalten bemüht sein werde.

Dorpat, im Januar 1846.

J. H. Mädler.

Vorrede zur vierten Auflage.

Die zweite 1846 erschienene Auflage dieses Werkes musste unmittelbar darauf in einem wiederholten Abdruck als dritte ausgegeben werden, ohne dass dem Verfasser die geringste Zeit vergönnt war, irgend eine Verbesserung oder Veränderung einzuführen. Nach einer kurzen aber in astronomischer Beziehung ereignissreichen Zwischenzeit folgt gegenwärtig die vierte, und der Verfasser hat es für seine Pflicht gehalten, der stets schwieriger sich gestaltenden Aufgabe, auch in einem populären Werke mit der Zeit gleichen Schritt zu halten, Genüge zu thun. Es sind demzufolge nicht allein alle Abschnitte des Werks in sachlicher wie in stylistischer Beziehung sorgfältig auf's neue durchgesehen und überarbeitet, um überall nur diejenigen Data zu geben, welche für die Gegenwart der Wahrheit am nächsten kommen, sondern es sind auch noch:

1) sämmtliche im Werke vorkommenden Tafeln neu bearbeitet und, wo erforderlich, ergänzt und berichtigt: die Kometentafel insbesondere nach der von *Encke* besorgten neuen Ausgabe des *Olbers*'schen Werks über Berechnungen von Kometenbahnen. Statt des dort gegebenen Log. des kleinsten

Abstandes habe ich hier die Zahl selbst gegeben, und ausser dem bei elliptischen berechneten Bahnen noch den mittleren Abstand und die Umlaufszeit hinzugefügt, wie theilweise schon n der frühern Auflage geschehen.

2) Der Abschnitt über die Fixsterne ist als ein völlig neu verfasster zu betrachten, da auch das Wenige, was aus der früheren Fassung jetzt noch beibehalten werden konnte, in einer ganz andern Folge und Verbindung erscheint. Denn die bisherige Ungewissheit über die Gesammtconstitution unsrer Fixsternwelt hat einem bestimmten Systeme Platz gemacht und es ist keine blosse Hypothese mehr, wenn man das *Newton*-sche Gesetz auch als das der Fixsternwelt im Ganzen, wie im Einzelnen aufstellt. Die consequente Anwendung dieses Gesetzes auf ein System nahezu gleichmässig vertheilter Massen hat, unter Zuziehung sämmtlicher gegenwärtig vorliegenden Beobachtungen zur Auffindung der Centralgruppe und respective der Centralsonne unsers Fixsternsystems geführt, wodurch allen Bewegungen innerhalb desselben eine bestimmte Beziehung angewiesen ist. Der Verfasser hofft, dass es ihm gelungen sein werde, auch die Gründe für dieses System zur möglichsten Anschauung zu bringen, allerdings erkennend, dass die Zukunft hierin einen ausserordentlichen Vortheil vor der Gegenwart voraushaben und Manches zur vollen Evidenz bringen werde, was jetzt noch grosse Schwierigkeit macht und nur wenigen Eingeweihten ganz verständlich sein kann.

3) Das Gleiche gilt im Allgemeinen auch von dem Abschnitt über die Doppelsterne. Ist gleich alles Wesentliche, was vor 15—20 Jahren darüber ausgesagt werden konnte, auch jetzt noch giltig und bedeutsam, so ist doch eine solche Fülle neuer Thatsachen und Ergebnisse hinzugekommen, dass alles Frühere sich dagegen nur wie ein schwacher Anfang ausnimmt. Der Verfasser, eine geraume Zeit hindurch mitten in eigenen Forschungen über diesen Gegenstand begriffen und ausser Stande, einen irgend wie definitiven Abschluss derselben zu anticipiren, konnte in den früheren Auflagen eine durch-

greifende Umarbeitung dieses Gegenstandes nicht mit Erfolg vornehmen. Gegenwärtig stellt sich dies anders: die wiederholte Durchmessung der früher bereits bestimmten Doppelsterne ist, für das gegenwärtige Jahrzehend wenigstens, beendet, und die im ersten Theile von des Verfassers Untersuchung über die Fixsternsysteme ausführlich gegebenen Berechnungs-Resultate sind hier übersichtlich zusammengestellt und in zwei (neu hinzugekommenen) Tafeln aufgeführt.

4) Endlich sind die neuentdeckten Planeten, deren Zahl jetzt noch rascher anwächst, als in der *Piazzi-Olbers*'schen Periode zu Anfang dieses Jahrhunderts der Fall war, mit ihren provisorisch berechneten Elementen gehörigen Orts eingeschaltet. Bestimmteres und Vollständigeres wird sich hoffentlich in nächster Zukunft über sie angeben lassen.

Der Wunsch des Herrn Verlegers, die beiden gänzlich erneuerten Abschnitte „Fixsterne“ und „Doppelsterne“ für die Besitzer der frühern Auflagen besonders auszugeben, ist dem meinigen entgegen gekommen. Beide Artikel werden in Zukunft zwar wohl Zusätze and Berichtigungen, aber nicht sobald gänzliche Umarbeitung, wie gegenwärtig, erfordern.

Die Paragraphenzahlen waren bisher noch nicht verändert, so dass die drei ersten Auflagen sie ganz conform geben. Die erwähnten gänzlichen Umarbeitungen und anderweitige bedeutende Einschaltungen machten es unthunlich, sie auch jetzt noch unverändert bestehen zu lassen, und wurde diese Veranlassung benutzt, um durchweg eine neue Paragraphirung einzuführen und mehrere Missstände der früheren zu beseitigen.

Entfernt vom Druckort, war es erwünscht, für diese Auflage einen wissenschaftlichen Corrector zu gewinnen, der sich bereits in astronomischer Beziehung manches Verdienst erworben, so dass nur sehr wenige Druckfehler anzuzeigen waren.

Dorpat, im Juli 1849.

J. H. Mädler.

Vorrede zur fünften Auflage.

Anschliessend an die Aeusserungen, mit welchen der Verfasser die früheren Auflagen begleitete, erachtet er es als seine Pflicht, über die weitere Entwickelung seiner Arbeit einige Worte vorauszuchicken.

In der Thatsache, dass von den 325 Paragraphen der vierten Auflage etwa nur ein Fünftel unverändert geblieben ist, dass mithin der grösste Theil des Vorhandenen eine wesentliche und umfangreiche Neugestaltung gefunden hat und in solcher auch bis auf die jüngste Zeit fortgeführt ist, glaubt der Verfasser die Berechtigung zu finden, die vorliegende Auflage als eine gänzlich neu bearbeitete bezeichnen zu dürfen. So ist die Tabelle der Sonnenflecke bis zur Gegenwart vervollständigt, die *Lamont*'sche darauf bezügliche Entdeckung nachgetragen etc. Der Abschnitt über die kleinen Planeten ist ganz neu und umfangreicher als früher bearbeitet; überhaupt bei sämmtlichen Planeten die neueren Leistungen den älteren substituirt und alle darauf bezüglichen Zahlen neu berechnet, der Abschnitt „Neptun und sein Trabant" fast ganz neu. Bei den Kometen ist ein neuer Paragraph, betreffend die neueren Untersuchungen über periodische und nicht periodische Kometen,

eingeschaltet und die andern Paragraphen durchaus verändert. Wesentliche Verbesserungen hat der Abschnitt „Störungen“ erfahren, besonders aber ist der Abschnitt „Fixsterne“ einer durchgreifenden Revision unterworfen und mit den neuen Untersuchungen über Sonnenbewegung und die Eigenschaften der übrigen Fixsterne berechnet worden. Gleiche Veränderungen haben sich auch bei dem Abschnitt „Doppelsterne“ als nothwendig herausgestellt.

Als Hauptsache ist noch zu erwähnen, dass die in den früheren Auflagen des Werkes zerstreut aufgenommenen Tafeln bis auf eine gestrichen sind; an ihre Stelle sind jetzt am Schlusse des Werks fünf ganz neue Tafeln aufgenommen, auf welche in den betreffenden Paragraphen verwiesen wird. Ihre Einrichtung, Plakatform und einseitiger Druck, gewährt grössere Uebersichtlichkeit, und erlaubt es sie als Wandtafeln zu benutzen; wodurch dem Wunsch einiger Fachgenossen und Liebhaber der Astronomie entsprochen wird.

Schliesslich spricht der Verfasser den Wunsch aus, dass die Gunst des Publikums, die ihm bisher so hohe Befriedigung gewährte, auch dieser neuen Auflage nicht vorenthalten bleiben möge.

Vorrede zur sechsten Auflage.

So wenig auch der Plan des Werkes Veranlassung zu Aenderungen darbietet, da der seit einem Vierteljahrhundert fortdauernde Beifall des Publikums dem Verfasser als ein Beweis gilt, dass er keineswegs ein verfehlter sei, so hat sich gleichwohl vielfache Veranlassung geboten, Verbesserungen im Einzelnen vorzunehmen.

Gern hätte es der Verfasser gesehen, die Erinnerung eines kundigen Liebhabers der Astronomie in Betreff der Darstellung der Mondstörungen berücksichtigen zu können. Allein dann hätte beträchtlich mehr mathematische Kenntniss bei den Lesern vorausgesetzt werden müssen, als man im Allgemeinen annehmen darf. Es konnte nicht beabsichtigt werden, mehr als eine ganz allgemeine Vorstellung von der Art zu geben, wie die Sonne auf die Bahn des Mondes wirkt, und dazu war eine ideale Kreisbahn besser geeignet als die in Wirklichkeit bestehende elliptische. — Die wesentlichste Aenderung besteht in der Correction sehr vieler Distanzen, Durchmesser und Massen in Folge der schärfer ermittelten Sonnenparallaxe, welche wir *Winnecke's* Arbeiten verdanken.

Der Abschnitt: Geschichtlicher Ueberblick, ist gänzlich neu gearbeitet. Der Verfasser, seit mehreren Jahren mit Vorarbeiten zu einer umfassendern Geschichte der Astronomie beschäftigt, hat diese benutzt, um einen in vielen Punkten richtigeren, in den meisten vollständigeren Ueberblick zu geben, und es schien ihm angemessener, nicht eine Correction einzelner Stellen vorzunehmen, sondern eine gänzlich neue Darstellung zu liefern, die gleichzeitig als eine erste Probe angesehen werden kann, um den Gang zu bezeichnen, der in dem gedachten grösseren Werke genommen werden soll.

Wiesbaden, im Dezember 1866.

Inhaltsverzeichniss.

Einleitung.

Astronomie (Sternkunde, Himmelskunde) ist diejenige Wissenschaft, welche aus den Erscheinungen der Himmelskörper am Firmamente sie selbst und ihre Bewegungen kennen lehrt.

Sie theilt sich sowohl nach der Beschaffenheit der zu untersuchenden Gegenstände als nach der Behandlungsweise und dem jedesmaligen Zwecke der Beobachtung in verschiedene Zweige. Die sphärische Astronomie hat es zunächst mit den Erscheinungen selbst zu thun. Sie lehrt uns die Himmelskugel mathematisch einzutheilen und die Oerter an derselben zu bezeichnen; sie hat hauptsächlich die sphärische Trigonometrie zur Grundlage und steht in genauester Verbindung mit der mathematischen Geographie. Alle Weltkörper werden in ihr als an der Oberfläche einer Kugel befindlich gedacht, und der Standpunkt des Beschauers als Mittelpunkt dieser Kugel angenommen. — Die praktische Astronomie im engern Sinne lehrt die Beobachtungen zweckmässig anordnen und anstellen; mithin begreift sie den Gebrauch und die Behandlung der Instrumente, die verschiedenen Methoden der Beobachtung, die genaue Bestimmung der Zeit, als des nothwendigsten Grundelements aller unserer Wahrnehmungen; sie lehrt die störenden äusseren Einflüsse berücksichtigen und durch Rechnung beseitigen, also die Beobachtungen so darstellen, wie sie ohne jene Einflüsse gemacht worden wären. — Die theorische Astronomie untersucht die Gesetze der Bewegung und stellt die Regeln auf, vermittelst welcher aus den Beobachtungen die wahren Verhältnisse des Laufs und die gegenseitigen Stellungen der Himmelskörper gefolgert werden können. Sie ist vorzugsweise die Wissenschaft des astronomischen Berechners und setzt uns in den Stand, künftige Erscheinungen am Himmel vorauszubestimmen. Dieser Theil der Himmelskunde ist es namentlich, welcher die gründlichste Kenntniss der Mathematik nach ihrem ganzen Umfange voraussetzt. Die physische Astronomie beschäftigt sich vorzugsweise mit Untersuchung der im Universum wirkenden Kräfte, von denen alle Bewegungen abgeleitet werden müssen. Sie untersucht ferner, soweit dies mög-

lich ist, die Beschaffenheit der Himmelskörper, sowie des Raumes, in welchem sie sich bewegen. Eine ihrer Hauptaufgaben besteht darin, die Wirkungen zu untersuchen, welche von andern als dem Hauptkörper auf die Bewegungen ausgeübt werden, d. h. die sogenannten Störungen. Sie setzt Hülfsmittel voraus, durch die man nicht allein den Ort der einzelnen Weltkörper wahrnehmen, sondern sie selbst einzeln nach ihren Besonderheiten betrachten kann. Geht sie über das, was die Beobachtungen mit Sicherheit zu folgern gestatten, hinaus, und untersucht sie z. B. nach Wahrscheinlichkeitsgründen den Zweck der Weltkörper, die Beschaffenheit ihrer Bewohner u. dgl., so wird sie Conjecturalastronomie und ist als solche eigentlich kein Theil der Wissenschaft, insofern letztere es sich zur Aufgabe setzen muss, nur das in ihr System aufzunehmen, was sich streng begründen lässt. Man kann das gegenseitige Verhältniss in der Kürze so ausdrücken: Die sphärische Astronomie zeigt uns das Universum wie es erscheint, die theorische wie es ist, die physische endlich warum es so ist. Repräsentant der ersteren ist *Ptolemäus*, der zweiten *Copernicus*, der dritten *Newton*. — Die geographische und nautische Astronomie, die astronomische Chronologie u. dgl. sind besondere Anwendungen ihrer Lehren zu praktischen Zwecken. Durch sie bestimmen wir die Lage der einzelnen Orte auf unserer Erde, wobei die Geodäsie oder Erdmesskunst mitwirkt; der Seefahrer findet vermittelst derselben die einzuschlagende Richtung seines Schiffes und den Ort desselben im Weltmeere; sie verschafft uns den Kalender, sowie die Mittel, sowohl die Tages- und Nachtzeit zu bestimmen, als auch in die Vergangenheit zurückzugehen und historische Data zu berichtigen und festzustellen. Hierher gehört auch noch die Gnomonik oder die Kunst, Sonnenuhren, sowie auch Mond- und Sternuhren verschiedener Art zu verfertigen, aufzustellen und zu gebrauchen.

Sowohl diese mannigfachen Gesichtspunkte und die grosse Anzahl der zu beobachtenden Gegenstände, als auch der genaue und nothwendige Zusammenhang der Astronomie mit vielen andern Zweigen der Wissenschaften, machen sie zur umfangreichsten und schwierigsten aller menschlichen Kenntnisse; und die Grösse und Erhabenheit ihres Gegenstandes, sowie die hohe Ausbildung, welche sie namentlich in unsern Tagen erlangt hat, haben ihr den Namen „Königin der Wissenschaften" erworben. Wünschen wir, dass sie zu allen Zeiten eines so stolzen Titels sich würdig zeigen und dass alle ihre Bearbeiter stets nur ein einziges Ziel: Erforschung der Wahrheit, vor Augen haben mögen. Ihre festen Grundlagen sind

nunmehr für ewige Zeiten unabänderlich gesichert und nur der weitere Ausbau nach innen und aussen, die fortschreitende Entwickelung auf consequentem Wege in's Unendliche hinein ist der Zukunft vorbehalten: eine erhebende und belohnende Aussicht, wie sie in diesem Grade keine einzige der menschlichen Wissenschaften von sich rühmen kann.

Zu den Hülfswissenschaften der Astronomie gehört vor Allem die reine Mathematik in ihrem ganzen Umfange, sowohl die elementare als die höhere (Analysis), ja viele der wichtigsten analytischen Bearbeitungen sind allein durch die Probleme veranlasst, welche die Astronomie an die Hand gab. Ferner viele Zweige der angewandten Mathematik, und unter diesen vorzugsweise Mechanik und Optik. Erstere aus einem doppelten Gesichtspunkte: für genaue Kenntniss des Baues der astronomischen Werkzeuge und der Wirkung ihrer einzelnen Theile; und sodann als Mechanik des Himmels (wie zuerst *Laplace* sie genannt hat), zur Einsicht in den innern Zusammenhang der Bewegungen wie zur Entwickelung der Bedingungen des Gleichgewichts und der Stabilität der Weltkörper und ihrer Systeme. Letztere, die Optik, ist namentlich dem Beobachter unentbehrlich, denn sie hauptsächlich lehrt uns die Instrumente verfertigen und zweckmässig anwenden, und giebt uns über viele Fragen der physischen Astronomie die folgenreichsten und wichtigsten Aufschlüsse. Ferner gehören hierher die Physik im engern Sinne, insbesondere diejenigen Kenntnisse, welche man unter dem Namen der Meteorologie zusammenfasst: nicht (wie viele irrthümlich annehmen) als könne oder wolle der Astronom das Wetter vorausbestimmen, sondern weil der Luftkreis dasjenige Medium ist, durch welches wir die Himmelskörper erblicken und weil die darin vorgehenden Veränderungen sowohl auf den Ort wo, als auf die Art wie sie uns erscheinen, den wesentlichsten Einfluss haben. So beobachtet der Astronom Barometer und Thermometer, weil vom Drucke der Luft, sowie von der Temperatur diejenigen Correctionen abhängen, welche er an seine Beobachtungen anbringen muss, um sie als reine und absolute darzustellen; er vermerkt Richtung und Stärke des Windes und den Zustand des Himmels in Bezug auf die verschiedenen Grade der Heiterkeit, sowohl, um sich und Andern ein Urtheil über die verhältnissmässige Güte und Zuverlässigkeit der Beobachtungen an die Hand zu geben, als auch diese selbst und die anzuwendenden Hülfsmittel demgemäss anzuordnen.*) — Unter den technischen

*) Durch diese Bemerkung soll nur ein sehr verbreiteter Missver-

Fertigkeiten, welche dem Astonomen zu seinen Zwecken dienlich sind, verdient besonders das Zeichnen hervorgehoben zu werden, varzüglich wenn er physische Beobachtungen beabsichtigt. Denn nicht Alles lässt sich durch Zahlen allein darstellen; nicht jeder Gegenstand bis ins feinste Detail hinein direkt messen; sondern Vieles muss, auch wenn die möglichst grösste Fülle numerischer Bestimmungen vorliegt, doch dem geübten Augenmaasse und der geschickten Hand überlassen bleiben.

Diese Erfordernisse, sowie die äusseren Bedingungen guter Beobachtungen, sind allerdings nicht zu allen Zeiten richtig erkannt worden, und die Astronomie hat sich fremdartiger und ihren wahren Zweck beeinträchtigender Beimischungen nicht immer erwehren können. Alles, was vor der Stiftung der alexandrinischen Schule, und sehr Vieles von dem, was in ihr und nachher, bis auf *Tycho's* und *Kepler's* Zeiten hin, in der Astronomie geleistet worden, ist mit diesen wesentlichen Mängeln behaftet, ja erst in unserem Jahrhundert hat man angefangen, Sternwarten ganz zweckmässig zu erbauen. Lange Zeit hat die Himmelskunde der Alchymie und Astrologie einen ihrer gänzlich unwürdigen Dienst leisten müssen, im ganzen Mittelalter war sie wenig mehr, als eine noch dazu sehr unvollkommene Kalenderwissenschaft, und so wenig sie auch mit menschlichen Leidenschaften und Vorurtheilen in Berührung kommen will, so hat sie dennoch zu verschiedenen Zeiten Verfolgungen und Schmähungen erduldet und vermag selbst Märtyrer aufzuweisen. In den letzten drei Jahrzehnten hat sie als Wissenschaft bedeutendere Fortschritte gemacht, als in den vorangegangenen drei Jahrhunderten, und diese stehen wiederum zu den drei früheren Jahrtausenden in einem ganz ähnlichen Verhältniss.

In wiefern eine populaire Astronomie möglich und ausführbar ist, wird sich zum Theil aus dem Vorstehenden ergeben. Wer nichts weiter verlangt als einzelne Fragmente, mehr oder wenige interessante Notizen über diesen und jenen Weltkörper, von dem kann man allerdings sagen, dass er ganz und gar keiner Vorkenntnisse bedürfe. Wer dagegen

---

stand beseitigt, keineswegs aber wissenschaftliche Untersuchungen über den möglichen Einfluss der Himmelskörper auf die Witterung im Voraus verurtheilt werden. Der Astronom als solcher hat aber durchaus nicht die Aufgabe, derartige Untersuchungen anzustellen, und noch viel weniger die Verpflichtung, Hypothesen nnd Muthmassungen über die zu erwartende Witterung zu geben. Die Hauptursachen dieser Veränderungen liegen übrigens gewiss nicht im Stande der Himmelskörper (den der Sonne ausgenommen), sondern (räumlich wenigstens) uns viel näher.

nicht so gänzlich auf alle und jene eigne Einsicht in den wahren Verlauf der Erscheinungen verzichten, wer den Beweisen der wichtigsten Lehrsätze folgen, wer mit einem Worte eine — zwar nicht vollständige und streng systematische — doch aber in sich zusammenhängende Kenntniss der Hauptthatsachen sich erwerben will, der wird auch in den Hülfswissenschaften und vor Allem in der Mathematik nicht durchaus Fremdling sein dürfen: insbesondere ist die Kenntniss der trigonometrischen Linien vom wesentlichsten Einflusse. — Weit höhere Forderungen aber müssen an denjenigen gestellt werden, der selbstthätig die Wissenschaft fördern und insbesondere astronomische Rechnungen ausführen will; denn diese lassen sich nie auf so einfache Regeln bringen, dass eine Kenntniss der gewöhnlichen Arithmetik und etwa der gewöhnlichen Elementargeometrie ausreichend wäre.

Gegenwärtiges Lehrbuch soll nun eine besondere Rücksicht auf die zweite Klasse der Leser nehmen. Es wird demzufolge manche interessante Resultate, die aber einer elementaren Herleitung schlechterdings widerstreben, blos historisch und höchstens mit einer Andeutung des Weges, auf welchem sie erhalten worden sind, aufführen. Man wird Anleitungen, Planeten- und Kometenbahnen zu berechnen, hier vergebens suchen, da für diejenigen, welche sich darin versuchen wollen und können, vortreffliche Werke und einzelne Abhandlungen bereits zur Genüge vorliegen. Nur über die Herleitung der Oerter aus gegebenen Bahnen wird Einiges beigebracht werden können. Ueberall wird die möglichst einfache Entwickelung, selbst wenn sie nicht die kürzeste und eleganteste sein sollte, derjenigen vorgezogen werden, die ein höheres Maass von Kenntnissen voraussetzt, und wenn einerseits der Verfasser die Hoffnung hegt, das Niemand, wie gering auch seine Vorkenntnisse sein mögen, sein Buch unbefriedigt aus der Hand legen werde, so wird doch andrerseits Niemanden die Mühe gereuen, sich möglichst gründlich zum Studium desselben vorbereitet zu haben.

Erster Abschnitt.

Die Himmelskugel und ihre Eintheilung. — Himmelsgloben und Himmelskarten.

§. 1.

Betrachten wir den Himmel und die an ihm erscheinenden Körper, so können wir uns ihn nicht anders als unter dem Bilde einer Kugel vorstellen, deren Grösse vorerst ganz unbestimmt bleiben muss, da uns kein direktes Mittel zu Gebot steht, die Entfernung der Himmelskörper zu bestimmen oder selbst nur annähernd zu schätzen, mithin vorläufig kein Grund vorhanden ist, den einen für entfernter als den andern zu halten. Wir ziehen daher in Gedanken gerade Linien von unserm Standpunkt aus nach dem Himmelskörper, und die Richtung dieser Linien allein ist es, welche wir durch geeignete Hülfsmittel bestimmen können. Zwei Himmelskörper also (oder auch verschiedene Punkte, z. B. die beiden Ränder, eines und desselben Himmelskörpers) schliessen am Auge des Beschauers einen Winkel ein, und die Grösse dieses Winkels ist also das, was eine Beobachtung nur angeben kann.

Es ist leicht begreiflich, dass ein und derselbe Winkel sehr verschiedenen Abständen der einzelnen Körper von einander entsprechen kann.

(Fig. 1.) Sei E der Standpunkt des Beobachters, und es möge der Winkel, welchen die von den Sternen a und b nach E gezogenen Linien daselbst einschliessen, dem andern, durch c und d an E gebildeten gleich sein. Ständen die Sterne nun wirklich in gleicher Entfernung von E, so würde auch der Abstand ab gleich dem cd sein, da im Kreise gleiche Bogen gleichen Winkeln angehören. Allein da wir nicht im Voraus wissen, in welcher Entfernung die einzelnen Sterne von der Erde stehen, so können wir auch den obigen Schluss nicht machen, denn nähmen sie z. B. die Orte A, B, C

D im Weltraume ein, so würden sie an *E* zwar dieselben Winkel wie vorher bilden, aber die Distanz *AB* wäre gleichwohl von der *cd* sehr verschieden. Dasselbe gilt auch von den Durchmessern der einzelnen Weltkörper. Der Körper *m* wird von E aus unter demselben Winkel gesehen, als der beträchtlich grössere *M*, da letzterer entfernter ist.*) — Der beobachtete Winkel ist also nur die scheinbare Entfernung zweier, oder der scheinbare Durchmesser u. s. w. eines und desselben Himmelskörpers, aus welchem allein und ohne Zuziehung anderweitiger Bestimmungen nie die wahre Entfernung noch auch die wahre Grösse gefolgert werden kann.

§. 2.

Zum Behuf der Beobachtungen zieht man auf der scheinbaren Himmelskugel, eben sowie auf der Erdkugel, gewisse Punkte und Linien. Denkt man sich nämlich eine Ebene durch eine Kugel so hindurchgelegt, dass ihr Mittelpunkt in diese Ebene fällt, so wird durch sie die Kugel in zwei gleiche Hälften getheilt und an der Oberfläche derselben ein Kreis beschrieben, dessen Radius und Mittelpunkt mit dem der Kugel selbst zusammenfällt und ausser welchem es keinen grösseren Kreis auf derselben geben kann. Wohl aber wird es, da man durch einen Punkt unendlich viele Ebenen legen kann, auch unendlich viele Kreise dieser Art auf der Kugel geben, die folglich alle den Namen grösster Kreise führen und die sich gegenseitig immer in zweien entgegengesetzten Punkten schneiden werden. Solche Durchschnittspunkte nennt man in der Astronomie Knoten und die sie verbindende, beiden Ebenen, gemeinschaftliche Linie die Knotenlinie.

(Fig. 2.) Auf der Kugel *ABCD* ist *AKBk* ein grösster Kreis (die jenseitige Hälfte desselben ist punktirt angedeutet) *CKDk* ein zweiter, *K* und *k* die gemeinschaftlichen Knoten und eine durch die Kugel von *K* nach *k* geführte gerade Linie die Knotenlinie.

Man errichte im Mittelpunkt der Kugel eine auf der Ebene

*) Hieraus folgt, dass man wirkliche Entfernungen und Grössen am Himmel weder direkt messen, noch auch nur schätzen könne, und dass eine Schätzung nach einem wirklichen (linearen) Maasse keinen Sinn geben kann, sobald von Himmelserscheinungen die Rede ist, und dies sollten diejenigen wohl beachten, welche z. B ein gesehenes Meteor beschreiben wollen. Eine Angabe nach Graden, Minuten u. dgl. ist freilich nicht Jedermann geläufig: ein solcher könnte aber bequem den Monddurchmesser, den Abstand bekannter Sterne, wie Castor und Pollux u. dgl., zum Maasstabe nehmen, damit seine Schätzung einen richtigen Sinn habe.

eines grössten Kreises senkrechte Linie, und führe sie nach beiden Seiten bis zur Oberfläche der Kugel fort, so bezeichnet sie auf derselben zwei einander entgegengesetzte Punkte, welche die Pole dieses grössten Kreises genannt werden und die auf der Kugeloberfläche überall gleich weit von ihm abstehen. Liegt also z. B. das Auge genau in der verlängerten Ebene eines grössten Kreises, so werden dessen Pole gerade im Rande des sichtbaren Theiles der Kugel erscheinen (Fig. 3.); in allen andern Fällen ist jedesmal nur ein Pol sichtbar, der andre abgewandt. Die gerade Linie selbst, welche die Pole verbindet, heisst in Beziehung auf sie, die Axe.

So viel grösste Kreise man sich also auch denken mag, so wird zu jedem derselben eine Axe und zwei Pole gehören. Durch jede beliebigen zwei Punkte des Himmels aber kann ein grösster Kreis gelegt werden, da nur noch der Standpunkt des Beobachters hinzukommt und man durch drei Punkte allezeit eine Ebene legen kann. Jeden grössten Kreis aber theilt man (ohne Rücksicht auf die Grösse der Kugel selbst) in 360 gleiche Theile (Grade), jeden derselben in 60 Minuten und diese wieder in 60 Sekunden, so dass der ganze Umfang 21600 Minuten oder 1296000 Sekunden enthält, und jeder beobachtete scheinbare Abstand u. dgl. wird also in Graden, Minuten und Sekunden dieses grössten Kreises angegeben werden können.*)

Legt man durch die beiden Pole eines grössten Kreises eine beliebige Anzahl grösster Kreise, so werden diese den erstern unter rechten Winkeln schneiden, und man nennt sie dessen Meridiane. (Der speciellere Gebrauch des Wortes Meridian wird weiter unten angegeben werden). Die Meridiane kann man nach dem Obigen ebenfalls in Grade u. s. w. theilen; legt man durch diese Theilpunkte Ebenen, welche ebenfalls von der Axe senkrecht geschnitten werden und die also der zuerst erwähnten Ebene parallel liegen, so erhält man durch diese auf der Kugel Parallelkreise, kleiner als der zum Grunde liegend grösste Kreis und überall gleich weit von ihm abstehend.

---

*) Statt dieser uralten Sexagesimal-Eintheilung hat man in Frankreich gegen Ende des vorigen Jahrhunderts auch eine Centesimaltheilung des Kreises versucht. In dieser erhält der Quadrant 100 (also der Vollkreis 400) Grade, der Grad 100 Minuten u. s. w. Jedoch ist diese Eintheilung nie in allgemeinen Gebrauch gekommen und gegenwärtig in Frankreich selbst grösstentheils wieder aufgegeben.

Da man durch jeden beliebigen Punkt eines grössten Kreises einen Meridian, und ebenso durch jeden Punkt eines Meridians, einen Parallelkreis legen kann, so folgt, dass jeder Punkt auf einer Kugel sowohl seinen Meridian als seinen Parallelkreis hat, und dass er durch beide seiner Lage nach bestimmt wird. — Jeder grösste Kreis bildet mit seinen Polen, Meridianen und Parallelen ein besonderes System, welches die Grundlage eines Gradnetzes ist, das man auf den Karten und künstlichen Globen ziehen, und auf der Erde so wie an der Himmelskugel gedenken kann.

§. 3.

Dasjenige System, welches die allgemeinste Anwendung sowohl bei Erd- als Himmelsbestimmungen findet, ist das des Aequators. Man verlängert nämlich diejenige Axe, um welche sich unsre Erde, (oder wenn man dies nicht im Voraus gelten lassen will, das gesammte Himmelsgewölbe) innerhalb 24 Stunden herumdreht, über die Erdpole hinaus nach beiden Seiten unbestimmt weit, so erhält man die Himmelspole (Weltpole) desjenigen grössten Kreises, der auf der Erde wie am Himmel mit dem Namen Aequator bezeichnet wird. Seine Meridiane und Parallelen entsprechen also gleichfalls den Meridianen und Parallelen des Erdkörpers.

Ein zweites System dieser Art von gleichfalls sehr häufiger Anwendung ist das der Ekliptik. So nennt man nämlich die Ebene, in welcher die Erde (oder wenn man dies nicht annehmen wollte, die Sonne) ihren jährlichen Kreislauf beschreibt. Sie fällt nicht mit der Ebene des Aequators zusammen, sondern schneidet diese unter einem schiefen Winkel in einer Linie, welche als Normallinie und Anfangspunkt für alle Zählungen der Grade am Himmel gilt. Sie hat gleichfalls ihre Pole, Meridiane und Parallelkreise und ein Punkt des Himmels kann durch dieses System eben so gut wie durch das des Aequators bestimmt werden.

Endlich ist noch ein System zu beachten, welches sich direct auf die Erscheinung eines Himmelskörpers an einem gegebenen Erdorte bezieht. Derjenige Kreis, welcher in einer vollkommen freien Ebene Erde und Himmel trennt, der Horizont, hat seine Pole im Scheitelpunkt (Zenith) und in dem diesem entgegengesetzten (unsichtbaren) Fusspunkte (Nadir); Kreise vom Scheitelpunkt zum Horizont vertreten hier die Stelle der Meridiane, und seine Parallelen ziehen rings herum in gleicher Höhe fort. Der Ort eines Himmelskörpers kann zwar auch nach diesem System angegeben werden, er

ber alsdann nicht allgemein, sondern nur für einen bestimmten Zeitmoment und einen bestimmten Erdort.

§. 4.

In der Astronomie sind für diese 3 Systeme folgende Benennungen gebräuchlich. (Fig. 3.):

	I.	II.	III.
AB	Aequator,	Ekliptik,	Horizont;
P	Nordpol,	Nordpol, } der Ekliptik,	Zenith;
n	Südpol,	Südpol } der Ekliptik,	Nadir;
ab, *a' b'*	Parallelen,	Parallelen der Ekliptik,	Almucantharat (Höhenkreise);
Pqn	Meridiane,	Breitenkreise,	Verticalen (Scheitelkreise).

Die auf *AB* oder *ab* gezählten Grade führen die Namen

I.	II.	III.
Rectascension (Gerade Aufsteigung),	Länge,	Azimuth,

und die von *q* aus auf den Kreisen *Pqn* nach beiden Seiten zu gezählten

I.	II.	III.
Declination (Abweichung),	Breite,	Höhe.

wofür man, wenn die Zählung von *P ab* durch *q* nach *n* zu geschieht, die Bennungen

I.	II.	III.
Poldistanz,	—	Zenithdistanz

eingeführt hat. — In den Systemen I und II zählt man vom Durchschnittspunkte beider, (dem Punkte, wo die Sonne in der Frühlingsnachtgleiche steht), und zwar von Westen nach Osten rings herum (0^0 bis 360^0), auf dem Aequator die Rectascensionen auf der Ekliptik die Längen. — Im Systeme III zählt man das Azimuth gewöhnlich vom Südpunkte des Horizonts an nach beiden Seiten (0^0 bis 180^0).

§. 5.

M e r i d i a n im engern Sinne ist derjenige Verticalkreis, der durch den Pol des Aequators geht, und der also sowohl dem System des Aequators, als dem des Horizonts angehört. Den Horizont schneidet er in den Punkten N o r d und S ü d. Der Winkel, den ein durch einen Stern und den Pol gezogener g r ö s s t e r Kreis mit diesem Meridian macht, heisst der S t u n d e n w i n k e l, da er der Zeit proportional ist und ebensowohl durch diese selbst, als durch die Grade des Kreises ausgedrückt werden kann.

Alle Gestirne gehen an der Ostseite des Meridians a u f und an der Westseite unter; der Weg, den sie vom Aufgange bis zum Untergange zurücklegen, heisst ihr T a g b o g e n. Bleibt

während dieser Zeit ihre Declination unverändert, so liegen die Punkte des Auf- und Untergangs gleich weit vom Meridian östlich und westlich und der Tagbogen wird durch diesen genau halbirt: es steht ferner das Gestirn am höchsten bei seinem Durchgange durch diejenige von den Polen begrenzte Hälfte des Meridians, in welcher das Zenith liegt (obere Culmination), und am niedrigsten bei seinem Durchgange durch die andere Hälfte (untere Culmination).

Bei einigen Gestirnen fallen beide Culminationen über den Horizont eines gegebenen Ortes; solche Sterne sind dann daselbst stets sichtbar. Fallen dagegen beide Culminationen unter seinen Horizont, so sind sie ihm stets unsichtbar.

Da zwei grösste Kreise einander stets halbiren, so muss auch stets die Hälfte des Aequators unter, die Hälfte über dem Horizont liegen, und jede Hälfte des Horizonts wird durch den Meridian wieder in zwei gleiche Hälften getheilt. Die Punkte, wo Aequator und Horizont sich schneiden, liegen also genau in Ost und West; bei andern Parallelkreisen sind beide Punkte entweder weiter südlich oder weiter nördlich, und zwar zu beiden Seiten des Meridians an beiden Punkten gleich weit. Dieser Abstand der Auf- und Untergangspunkte vom Ost- und Westpunkte des Horizonts nennt man die Morgen- und Abendweite.

§. 6.

Es sei (Fig. 4.) *Hh* der Horizont eines gegebenen Erdortes, also *Z* sein Zenith, und der Pol des Himmels liege in *P*, so dass *AQ* sein Aequator ist. Da *ZH* eben so wie *PA* gleich 90^0, so ist auch $ZH = PA$, und folglich $ZP = HA$, d. h. die Höhe des Aequators im Meridian (und auf der andern Seite in *Q* die Tiefe desselben) ist dem Abstande des Pols vom Zenith gleich. Die Höhe des Pols *Ph* ist gleich $ZH - PZ = 90^0$ weniger dem Abstande des Pols vom Zenith, und diese Polhöhe ist gleich der geographischen Breite eines gegebenen Erdorts, da wir beide auf die Himmelskugel beziehen.*) Alle Sterne, welche vom Aequator nach *P* zu liegen und so weit oder weiter von ihm entfernt sind, als der Bogen *ZP* beträgt, gehen für diesen Erdort niemals unter, sondern beschreiben volle Tageskreise wie *Ss*. Liegen sie eben so weit nach dem unsichtbaren Pole *n* zu, so gehen sie nie auf und bleiben stets unsichtbar. Ist der Abstand vom Aequator hingegen kleiner als *ZP*, so gehen sie auf und unter.

*) Es wird sich später zeigen, dass für die Erde als solche, die keine Kugel ist, neben diesen allgemeinen noch andere specielle Beziehungen stattfinden. Hier aber ist nur von der kosmischen Stellung der Erde die Rede.

Für Berlin, dessen nördliche Breite (oder Polhöhe) $52^1/_2{}^0$ beträgt, ist demnach $ZP=90^0-52^1/_2{}^0=37^1/_2{}^0$. Ueberschreitet also die nördliche Declination eines Gestirns $37^1/_2{}^0$, so geht es für Berlin nie unter, überschreitet die südliche $37^1/_2{}^0$, so geht es nie auf. Alle für Berlin auf- und untergehende Gestirne liegen also innerhalb einer Zone, deren gesammte Breite 75^0 beträgt und die vom Aequator in zwei gleich grosse Theile getheilt wird. Die Sonne und der Mond, sowie (einige der kleinern in der Mittelgruppe zuweilen ausgenommen) alle Planeten, bleiben (für Berlin) stets in dieser Zone, gehen also bei uns auf und unter.

Gestirne, deren Abstand vom Aequator nach dem sichtbaren Pole zu der Breite eines Ortes (dem Bogen Ph oder AZ) gleich ist, gehen bei ihrer oberen Culmination durch das Zenith dieses Ortes; ist ihre Declination noch grösser, so erfolgen beide Culminationen in dem Theile des Meridians, der den sichtbaren Pol enthält, also die obere zwischen Zenith und Pol, die untere zwischen Pol und Horizont, und in Breiten unter 45^0 auch zum Theil unter dem Horizont. Befindet man sich an einem der Erdpole selbst, so findet natürlich gar kein Auf- und Untergehen statt, sondern der Aequator fällt mit dem Horizont zusammen, und theilt den Sternenhimmel in zwei gleiche Hälften, von denen die eine stets, die andere nie sichtbar ist. Befindet man sich dagegen am Aequator, so liegen beide Pole im Horizont, und der ganze Sternenhimmel geht auf und unter, auch sind dort alle Tagbögen dem halben Tageskreise gleich. Der Aequator des Himmels geht durch das Zenith eines solchen Ortes und theilt gleichfalls den jedesmal sichtbaren Theil des Himmels in zwei gleiche Hälften.

§. 7.

Da die Ekliptik den Aequator unter einem schiefen Winkel schneidet, und für jeden gegebenen Erdort die eine Hälfte derselben diesseits, die andere jenseits des Aequators fällt, so sind auch die Punkte, wo sie den Horizont schneidet, nicht nothwendig Ost und West, obgleich sie stets einander gerade gegenüberliegen. Vielmehr ist dies nach den Jahres- und Tageszeiten an jedem Erdorte verschieden. Aus demselben Grunde kann auch der sichtbare Theil der Ekliptik nicht immer vom Aequator halbirt werden. Eben dies ist der Fall mit allen anderen grössten Kreisen, die man am Himmel gedenken kann, und nur allein der Aequator wird vom Horizont unter allen Umständen in zwei gleiche Hälften getheilt.

Aus diesem Grunde können die direkten Beobachtungen sich nur auf das System des Horizonts oder das des Aequators beziehen, und da beide im Meridian eines gegebenen Or-

tes zusammenfallen, so ist es am einfachsten und natürlichsten, alle Beobachtungen im Meridian anzustellen, so weit dies thunlich ist. Das Meridianinstrument ist daher das wesentlichste Stück einer jeden Sternwarte, wenn sie von andern unabhängig sein, und ihren Bestimmungen einen selbstständigen Werth geben will. Ein vollständiges Instrument dieser Art giebt sowohl die Meridian-Durchgänge als die Höhen, in denen der Durchgang geschieht. Wenn blos die erstern erhalten werden können, so heisst das Werkzeug Passageninstrument; wenn allein die letztern, Verticalkreis. Man beobachtet, zu welcher Zeit ein Gestirn culminirt und in welchem Abstande vom Zenith dies geschieht. Hat man nun durch andere Beobachtungen die Zeit selbst, sowie die geographische Breite des Beobachtungsortes bestimmt, so erhält man aus der Durchgangszeit die Rectascension, und aus dem Zenithabstande bei derselben die Declination eines Gestirns. Zur grösseren Bequemlichkeit giebt man der Uhr einen solchen Gang, dass sie jederzeit unmittelbar die Rectascension eines culminirenden Gestirns anzeigt, und die Declination erhält man, indem man den Zenithabstand von der geographischen Breite subtrahirt.

Hierbei ist zu bemerken, dass man nördliche Breiten und nördliche Declinationen als positiv betrachtet und durch + bezeichnet, südliche dagegen durch —. Bei Rectascensionen findet, da man sie rings um den ganzen Himmel von 0° bis 360° herumzählt, eine solche Unterscheidung nicht statt.

Bei der erwähnten Einrichtung der Uhr entspricht jede Stunde derselben 15 Graden des Aequators, jede Minute einem Viertelgrad u. s. w. Dies wird in dem folgenden Abschnitte erörtert werden.

§. 8.

Wir erblicken am Himmel, ausser Sonne und Mond, eine grosse Anzahl Sterne von verschiedenem Glanze, Gestalt und Farbe, wiewohl das blosse Auge hauptsächlich nur die Unterschiede des Glanzes wahrnehmen kann. Bei weitem die meisten dieser Sterne behalten gegen einander (bis auf höchst geringe, erst in Jahrhunderten merkliche Ortsveränderungen) dieselbe Lage und heissen desshalb Fixsterne; auch haben sie (wenige ausgenommen) zu allen Zeiten denselben Glanz. Einige andre dagegen verändern ihren Ort viel rascher, so dass man dies meistens schon von einem Abend zum andern wahrnehmen kann, zugleich ist ihr Glanz zu verschiedenen Zeiten sehr ungleich, man nennt sie Planeten. Auch die von Zeit zu Zeit erscheinenden, gewöhnlich mit einer Nebelhülle und einem Schweife versehenen Kometen verändern, wie die Planeten, ihre Stel-

lung gegen andere Sterne sehr rasch und bleiben meist nur kurze Zeit sichtbar*). Planeten wie Kometen können daher eben so wenig wie Sonne und Mond, in eine für alle Zeiten gültige graphische Darstellung aufgenommen werden, und nur die Fixsterne bilden demnach den Gegenstand der Himmelsgloben und Himmelskarten.

§. 9.

Himmelsgloben stellen die Gestirne an der äussern Fläche einer Kugel dar, mithin sowie sie ein jenseit der scheinbaren Himmelskugel befindlicher Beobachter wahrnehmen würde, so dass sie gleichsam ein Spiegelbild des von uns gesehenen Firmaments geben**) Die Himmelskarten dagegen, sowohl allgemeine (Planisphären) als auch specielle, bilden die Sterne gewöhnlich in natürlicher Lage ab.

Zur Grundlage des Gradnetzes der Himmelskarten und Himmelskugeln wird gewöhnlich das System des Aequators, seltner dass der Ekliptik gewählt, obwohl die Ekliptik selbst fast auf allen verzeichnet ist. Die Kugeln werden (ähnlich wie Erdkugeln) so aufgestellt, dass sie um die Axe des Aequators beweglich sind und dass dieser Axe selbst verschiedne Lagen gegen den Horizont des Globus gegeben werden können.

Es muss hier vorläufig erwähnt werden, dass man das grosse Heer der Fixsterne nach Sternbildern gruppirt, und dass man nach ihrem grössern oder geringern Glanze verschiedene Grössenklassen derselben annimmt. — Die Sternbilder haben ihren Ursprung schon im frühesten Alterthume, und man hat sie nicht allein stets beibehalten, sondern auch noch mit neuen vermehrt, so dass jetzt der gesammte Fixsternhimmel in Sternbilder vertheilt ist. Die Bilder selbst sind meist Heroen des Alterthums, Thiere (auch monströse), Attribute der Götter und Helden, und (besonders die später eingeführten Sternbilder) neue Erfindungen. Die Sterngrup-

---

*) Von noch andern Arten der Himmelskörper, sowie von den wesentlichen Unterschieden derselben, wird weiterhin die Rede sein. Hier sprechen wir nur im Allgemeinen von der Erscheinung.

**) Doch hat man auch einige Himmelsgloben in sehr grossem Maassstabe so ausgeführt, dass die Gestirne transparent an der innern Fläche einer Hohlkugel erscheinen, in deren Mitte Raum für einen oder auch mehrere Beschauer ist, und auf diesen erscheinen die Gestirne nicht als Spiegelbild, sondern in ihrer natürlichen Lage. Schon *Beyer* in Hamburg verfertigte 1718 zwei hohle Halbkugeln dieser Art, und Petersburg besitzt einen solchen Globus von 11 Fuss Durchmesser. — Auch Sternkegel hat man zu diesem Zwecke verfertigt. Die Gestirne befinden sich an der innern Seite des Mantels zweier sehr flacher Kegel.

pen selbst haben mit den Gegenständen, die das Bild darstellt, gewöhnlich nicht die entfernteste Aehnlichkeit. — Insbesondere hat man die Ekliptik und ihre nächste Umgebung (diejenige Zone, innerhalb deren der Mond und die 8 grösseren Planeten erscheinen können) der Länge nach in 12 Sternbilder vertheilt, die unter dem Namen des Thierkreises (Zodiacus) bekannt sind und deren jedes noch ein eignes Zeichen hat (wiewohl jetzt zwischen Bild und Zeichen zu unterscheiden ist, wovon nachher). Die 12 Sternbilder sind:

♈ Widder.	♋ Krebs.	♎ Waage.	♑ Steinbock.
♉ Stier.	♌ Löwe.	♏ Scorpion.	♒ Wassermann.
♊ Zwillinge.	♍ Jungfrau.	♐ Schütze.	♓ Fische.

Die 6 ersten sind nördliche, die 6 letzten südliche Zeichen in Bezug auf den Aequator. Ausserdem zählten die Alten noch 21 Sternbilder nördlich und 15 südlich vom Thierkreise, überhaupt also 48; die Neueren haben diese Zahl nach und nach mehr als verdoppelt. Die bessern neuern Karten zeigen die Bilder selbst gar nicht mehr oder doch nur (wie die Littrowschen, in seinem Himmelsatlas) in schwachen Umrissen: nur die Grenzen der Regionen, welche den verschiedenen Sternbildern angehören, werden noch angegeben. Auf den ältern Karten erschwerten die alles erfüllenden Bilder den Ueberblick der Sterne sehr. — Die Sterne selbst erhalten verschiedene Zeichen nach Maassgabe der Grösse (d. h. des Glanzes); ebenso werden auch die Namen, Buchstaben und Zahlen', wodurch die Sterne in jedem Sternbilde unterschieden werden, verzeichnet.

§. 10.

Indess haben sowohl Globen als Karten die unvermeidliche Unbequemlichkeit, dass ihr Gebrauch Nachts im Freien eine künstliche Beleuchtung erfordert, und dies erschwert ihre unmittelbare Vergleichung mit dem Himmel. Ueberdies enthält eine einzelne Karte nie das Ganze, oder man müsste eine sehr unbequeme Projection wählen, und Globen stellen es verkehrt dar; beides ist für sicheres Auffinden nachtheilig. Das beste Mittel, den Fixsternhimmel kennen zu lernen, bleibt daher immer die unmittelbare Anleitung eines Sternkundigen, wozu sich heitere Frühlings- oder Herbstabende in unsern Klimaten am besten eignen. Man beginne diese Studien mit denjenigen Sternbildern, die bei uns nicht untergehen, und knüpfe an diese die Sternbilder des Thierkreises. Zu letzteren bedarf es verschiedener und durch verschiedene Jahreszeiten vertheilter Abende. Alsdann wird es leicht sein, die übrigen nördlichen, sowie die bei uns noch sichtbaren südlichen Gestirne kennen zu lernen. Uebrigens begnüge man sich für den Anfang mit

Sternen der 3 (höchstens 4) ersten Grössen, die sich auch in der Dämmerung oder bei nicht ganz heiterem Himmel schon unterscheiden lassen.

Für Bewohner mittlerer nördlicher Breiten, also z. B. für sämmtliche Europäer, wäre etwa folgender Gang einzuschlagen.

Man merke sich vor allem den Polarstern, dessen Glanz, isolirte Lage und Unverrückbarkeit (wenigstens für den freien Anblick*) ihn zum Normalstern qualificirt. Eine durch die beiden Hinterräder des sogenannten Wagens (grossen Bären) gezogene und um das sechsfache verlängerte Linie trifft auf den Polarstern, der zugleich der letzte im Bilde des kleinen Bären ist. Bezogen auf den Polarstern, erblickt man dem grossen Bären gegenüber die mit 5 Sternen in Form eines flachen W glänzende Cassiopeja, und seitwärts, nahe rechtwinklicht auf der Linie vom grossen Bären zur Cassiopeja, die beiden glänzendsten Sterne des nördlichen Himmels, Wega (Hauptstern der Leyer) und Capella (Hauptstern des Fuhrmanns.) Diese 4 für Berlin und alle Gegenden nördlich des $51\frac{1}{2}°$ nördlicher Breite nicht untergehenden, den Polarstern in einer weiten Ellipse umgebenden Sternbilder wird man in jeder Nacht mit Leichtigkeit wieder erkennen, und durch sie einige zwischenliegende von geringerem Glanze, wie den Drachen, Cepheus u. a. — Eine Linie vom Polarstern über die Mitte der Cassiopeja führt beiläufig auf den Punkt des Himmels, der vor 3000 Jahren der Frühlingsnachtgleichenpunkt war und am Anfange des Widders liegt. Um den gegenwärtigen Frühlingspunkt zu treffen, muss man die Linie vom Polarstern über den westlichsten Hauptstern der Cassiopeja ziehen und sie dann etwa noch zwei Mal so weit verlängern, sie trifft dann diesen Punkt im Bilde der Fische. Ueber den Fuhrmann hinaus liegt der Stier, wo man die Hyaden und Plejaden**) als leicht unterscheidbare Sterngruppen vorfindet, und diesem zunächst gegen Osten die Zwillinge. Vom Polaris aus über den grossen Bären hin trifft man auf den Löwen, gleichfalls leicht erkenn-

*) Er steht jetzt nur etwa $1\frac{2}{3}°$ vom Pole und wird sich in den nächsten 300 Jahren ihm immer mehr (bis zu $\frac{1}{2}°$) nähern. In den Zeiten vor *Alexander M.* hatte der jetzige Polarstern noch keinen Anspruch auf diesen Namen.

**) Hyaden bedeutet Regensterne, sowie Plejaden Schiffersterne. Es bezogen sich diese Benennungen bei den Alten auf das erste Wiedererscheinen beider Gruppen, welches bei den Hyaden mit dem Eintritte der Regenzeit, bei den Plejaden mit derjenigen, welche für die zur Seefahrt günstigste galt, zusammenfiel.

bar, während der wenig augenfällige Krebs am besten durch Zwillinge und Löwe, zwischen denen er liegt, aufgefunden wird. Weiter links vom Löwen werden die Räume zwischen Thierkreis und Polarstern grösser. Hier sind die grossen Sternbilder Bootes, Hercules, Krone und Ophiuchus nebst mehreren kleinern, jenseit deren nach Süden zu sich die Jungfrau und die Waage zeigen; weiter östlich gewähren die beiden glänzenden Hauptsterne des Schwans und Adlers (ersterer für Berlin nicht untergehend) gute Hauptpunkte, um die zwischenliegenden kleinern sowie die weiter südlich liegenden des Thierkreises: Schütze, Scorpion und Steinbock aufzufinden. Noch weiter östlich tritt uns Andromeda als grösseres Sternbild entgegen, über welche hinaus im Thierkreise Wassermann und Fische erscheinen. — Südlich vom Thierkreise merke man sich vor allem das schöne gleichseitige Dreieck, welches die drei glänzenden Hauptsterne des Orion, des kleinen und grossen Hundes mit einander bilden; Sirius, die untere Spitze des Dreiecks, ist der hellste des ganzen Fixsternhimmels. An diese lassen sich dann leicht zu beiden Seiten die Sternbilder anknüpfen, welche jenseit des Thierkreises bei uns noch sichtbar sind und unter denen sich der Wallfisch und die Wasserschlange am meisten hervorheben. — Damit ist die Grundlage zu einer weiteren und genaueren Kenntniss gegeben.

Eine solche Kenntniss hat, auch ganz abgesehen vom eigentlich astronomischen Studium, ihren mannigfaltigen Nutzen für Alle und Jeden. Selbst den rohesten Völkern Südamerika's und Australien's dienen die Gestirne, namentlich aber das (in Europa nicht sichtbare) südliche Kreuz, als allgemeine Uhr für die Nachtstunden, wie die Sonne für die Tagesstunden. Nicht den Schiffer allein, auch den Landreisenden können die Gestirne sicher leiten, selbst bei nur theilweise heiterm Himmel, sobald er nur in jeder Gegend desselben ein Hauptsternbild sich gemerkt hat. Jede am nächtlichen Himmel gemachte Wahrnehmung, welcher Art sie auch immer sei, kann durch die Aufzeichnung der Zeit, sowie des Sterns oder des Sternbildes, wo man Etwas wahrgenommen hat, so genau bestimmt werden, als die Natur des Gegenstandes es zulässt, während solche Beobachtungen, der anderweitig genauen Beschreibung ungeachtet, meist für die Wissenschaft verloren sind, wenn sie jener Bestimmung ermangeln. Unter den Völkern des Alterthums war die Kenntniss des Fixsternhimmels im Allgemeinen weiter verbreitet als bei uns, die wir uns nur zu sehr auf Uhr, Kalender u. dgl. verlassen, und in allen Dingen ein Surrogat der Natur in Bereitschaft haben, wodurch wir uns zwar scheinbar bequemer einrichten,

uns dagegen aber die Werke Gottes und folglich die Gottheit selbst, mehr und mehr entfremden und sie bei Seite setzen. Die angeführten Gründe erscheinen wohl wichtig genug, um den Wunsch zu rechfertigen, dass eine Anleitung zur Sternkenntniss, wie die hier angedeutete, in keinem Schulunterricht vermisst werden möge. Namentlich auf dem Land dürfte dies wenig Schwierigkeiten haben, sobald nur der ernste Wille dazu da ist. Aber auch in den Städten, namentlich den grösseren, denen ohnehin der gestirnte Himmel am kargsten zugemessen ist, sollte man den Gegenstand mehr als bisher beachten und dahin wirken, dass eine Kunde, die vor dem Beginn unserer modernen Bildung allgemeines Volkseigenthum war, diese Geltung wiedererlange, und der Mensch auch in dieser Beziehung zum Himmel zurückgeführt werde.

Zweiter Abschnitt.

Die Erde als Weltkörper betrachtet.

§. 11.

Die Erde, der Standort unserer Beobachtungen und zugleich der einzige Weltkörper, den wir in der Nähe und unmittelbar erforschen können, gehört zur Klasse der Planeten oder derjenigen Gestirne, welche an sich selbst dunkel und kalt, von der Sonne erleuchtet und erwärmt werden. Diese Beziehung zur Sonne ist es also hauptsächlich, welche wir bei der Erde zu betrachten haben, ausserdem aber wird ihre Gestalt, Grösse, Dichtigkeit u. dgl. hierher gehören, wiewohl die Mittel, durch welche alle diese Bestimmungen erhalten worden sind, zum Theil erst in Folgendem klar werden können.

Eine sicher begründete Kenntniss unsers Erdkörpers in den eben angegebenen Beziehungen verdanken wir erst der neueren Zeit. Die Vorstellungen der Alten über die Gestalt u. s. w. der Erde hier vollständig aufzuführen, würde zwecklos sein; dieser Gegenstand hat in *Ukert* u. A. ausführliche und gründliche Bearbeiter gefunden und gehört in eine specielle Geschichte der Erdbeschreibung. Fast allgemein dachte man sich die Erde als flache, vom Oceanus umfluthete Scheibe, und erst in der Alexandrinischen Schule finden wir richtigere Vorstellungen,

die man aber in der Folge wieder verliess. Wir finden im 6. und 7. Jhrhundert der christlichen Zeitrechnung auf's Neue die Behauptung, dass die Erde flach sei, und es ist bekannt, mit welchen Einwürfen *Colombo* kämpfen musste, als er von einem westlichen Wege nach Indien sprach.

§. 12.

Die Mondfinsternisse lieferten den ersten und augenscheinlichsten Beweis, dass die Erde eine Kugel sei oder dieser doch nahe komme, da nur der Schattten einer Kugel nach jeder Richtung hin einen kreisförmigen Durchschnitt hat, nicht aber der eines Cylinders, Kegels u. dgl. — Dass nach allen Richtungen hin auf der Erdoberfläche Krümmung stattfinde, war an dem Verschwinden sich entfernender Gegenstände wahrzunehmen. Diese und ähnliche Thatsachen, deren Verzeichniss noch sehr vermehrt werden könnte, thun indess nur dar, dass die Gestalt der Erde im Allgemeinen die einer Kugel sei; sie schliessen aber die Möglichkeit nicht aus, dass Abweichungen, sowohl locale, als generelle, von dieser Kugelgestalt stattfinden, und die Entscheidung dieser Frage konnte daher nur auf theoretischem Wege oder durch wirkliche Messungen erlangt werden.

Auch die Grösse der Erde war den Alten unbekannt, und während Einige meinten, dass sie im Unendlichen wurzle, gaben ihr Andere nur die Gestalt einer kurzen Säule, deren Höhe gegen den Durchmesser der Grundfläche sehr gering sei. Die ersten Versuche, ihre Grösse zu bestimmen, finden wir gleichfalls bei den Alexandrinern. Sie verglichen die gleichzeitige Länge des Schattens in zweien unter einerlei Meridian angenommenen Orten, deren Abstand als bekannt gesetzt ward. Dadurch erfuhren sie, wie viel Grade des Bogens zwischen beiden Orten enthalten seien, und (die Kugelgestalt vorausgesetzt) den gesammten Umfang des Meridians, d. h. der Erde.

5. Es sei FG ein Theil des Erdumfangs und O der Erdmittelpunkt, und es mögen die Punkte F, A, C, E, G demselben Meridiane angehören. Die Sonne bescheine die Erde von der Richtung S her und ihre Strahlen S, S' ... mögen der grossen Entfernung der Sonne wegen als parallele betrachtet werden. Man errichte in einem von der Sonne senkrecht beschienenen Punkte A einen Stab AB normal auf den Horizont, so kann dieser keinen Schatten werfen. In C errichte man gleichfalls den Stab CD normal, so wird $S'D$ verlängert in E treffen, und CE ist demnach die Schattenprojection des Stabes, die als gerade Linie angesehen werden kann, da die Länge des Stabes gegen den Durchmesser der Erde eine verschwindende Grösse ist. Das Verhältniss von CE und CD giebt den Win-

kel *CDE* (es ist nämlich Tang. $CDE = \frac{CE}{CD}$) und da dieser Winkel, wenn die Strahlen parallel fallen, dem Winkel *AOC* gleich ist, dieser aber durch den Bogen *AC* gemessen wird, so erhält man zugleich unmittelbar die Anzahl der Grade des Bogens *AC*. Es sei also *CE* = 8 Fuss, *DC* ebenfalls = 8 Fuss, so findet sich Tang. *CDE* = 1 und $CDE = 45^0$, folglich auch $AC = 45^0$, oder der achte Theil des Kreisumfangs. Kennt man nun durch direkte Messungen die Länge des Bogens *AC* in Meilen oder einem andern bekannten Maasse, so hat man auch den Umfang der Erdkugel. Man sieht indess leicht, dass die Länge eines Schattens nicht mit der Genauigkeit gemessen werden kann, welche bei einer solchen Bestimmung wünschenswerth sein muss.

§. 13.

Genauer verfährt man, wenn man durch geeignete Instrumente den Abstand eines Sternes vom Zenith an zweien unter gleichem Meridian gelegenen Orten misst. Setzen wir wieder den Fall, dass er im Orte *A* im Zenith selbst, und gleichzeitig in *C* um den Winkel *S''CD* vom Zenith entfernt stehe, so wird dieser Winkel eben so wie *CDE* das Maass des Bogens *AC*, aber die Sicherheit der Bestimmung ist bei weitem grösser.

Es kommt also Alles darauf an, die Grade eines Meridianbogens durch Beobachtungen am Himmel und das lineäre Maass desselben durch Messungen auf der Erde zu bestimmen, um den gesammten Umfang abzuleiten. Will man die Erde als eine wahre mathematische Kugel betrachten, so genügt die Messung Eines Meridianbogens, sofern sie nur astronomisch wie terrestrisch hinreichend genau ist. Will man dagegen diese Voraussetzung nicht machen, sondern Grösse und Gestalt gleichzeitig aus Beobachtungen entlehnen, so muss man mehrere Bögen in möglichst verschiedenen Breiten messen. Nimmt man an, dass von den drei auf einander senkrechten Axen des Erdkörpers nur die eine (die Umdrehungsaxe) von den andern verschieden, die beiden andern aber unter sich gleich seien, giebt man also der Erde entweder eine sphäroïdische Gestalt (mit verkürzter Polaraxe) oder eine ellipsoïdische (mit verlängerter Polaraxe), so sind zwei Meridianbögen erforderlich; überhaupt je vielfacher die zu untersuchenden Abweichungen gedacht werden, desto mehr Bögen wird man messen müssen.

Die früheren Versuche, Gradbögen zu messen, sind uns theils zu unvollkommen bekannt, theils nach Maassgabe der angewandten Mittel zu ungenau in ihrem Resultat, als dass sie hier Erwähnung verdienten. Die erste nach einem bessern

Princip veranstaltete Messung ist die von *Picard*, der sie zwischen Paris und Amiens im J. 1669 ausführte. Bald folgten hierauf die Messungen *Dominique Cassini's* 1683 und 1700, der sie von Paris bis zu den Pyrenäen fortführte. Das Resultat war, dass der Grad des Meridians im Süden von Frankreich um 71 Klafter (etwa um 1/800 des Ganzen) grösser sei als im nördlichen, und hieraus folgerte man, dass die Grade nach Norden zu kleiner, die Krümmung der Erdkugel also stärker werde, was auf eine ellipsoïdische Figur der Erde deuten würde. 6. Denn es sei *ABQP* ein elliptischer Quadrant, in *A* das Ende der kleinen, in *P* das der grossen Axe, so sieht man leicht, dass, um gleichviel Krümmung zu bemerken, man von *A* aus nach *B* zu weiter zu gehen habe, als von *P* nach *Q*. Da nun *Picard's* und *Cassini's* Messungen dies Resultat ergeben hatten, so musste, ihre Richtigkeit vorausgesetzt, eine solche Figur der Erde angenommen werden.

§. 14.

Inzwischen hatte *Newton* aus Gründen, die erst in den folgenden Kapiteln erörtert werden können, geschlossen, dass bei einer sich um ihre Axe bewegenden Erde das Gleichgewicht nur bestehen könne, wenn die Polaraxe nicht verlängert, sondern vielmehr verkürzt ist. Die Erde sei mithin kein Ellipsoïd, auch keine Kugel, sndern ein Sphäroïd, und er bestimmte die Grösse dieser Abplattung, aus theoretischen Gründen, auf 1/230, wobei er die Erde im Anfang als flüssig und in allen ihren concentrischen Schichten gleich dicht annahm. Aehnliches folgte auch aus der Beobachtung *Richer's* im J. 1672, der eine Pendeluhr von Paris nach Cayenne brachte und fand, dass sie dort ihren täglichen Gang um 2 Minuten verlangsamte. Näher dem Erdmittelpunkte hätte sie ihn vielmehr beschleunigen müssen.

Die französischen und englischen Gelehrten stritten fast ein halbes Jahrhundert lang, jene auf ihre Messungen, diese auf *Newton's* Theorie sich berufend, bis man endlich zu der Ueberzeugung gelangte, dass die Differenz der Grade zwischen dem nördlichen und südlichen Frankreich jedenfalls zu klein sein müsse, um hierin sicher entscheiden zu können, und man machte Ludwig XV. den Vorschlag, zwei viel weiter entlegene Meridianbögen, nämlich am Aequator und in der Nähe des Poles, zu messen. In Folge dessen gingen im J. 1735 *Bouguer*, *Condamine* und *Godin* nach Peru, um auf den Hochebenen zwischen Tarqui und Cotchesqui einige Grade zu messen, womit sie der grossen Schwierigkeit des Terrains und der Entlegenheit von allen wissenschaftlichen Hülfsmitteln wegen, erst im J. 1744 fertig wurden; und zu gleicher Zeit nahmen *Mau-*

pertuis und *Outhier* ihren Weg nach Lappland, um nördlich von Torneo, in den Gegenden des Polarkreises, eine ähnliche Arbeit zu unternehmen*), die schon 1737 beendet war. Das Resultat (nach den damaligen Berechnungen) war:

Grösse eines Meridiangrades in Peru . 56753 Toisen
" " " in Lappland 57422 "

folglich der Grad am Pole grösser als am Aequator, wodurch das Resultat von *Picard* und *Cassini* widerlegt und *Newton's* Ansicht bestätigt ward. Die Grösse der Abplattung selbst fand sich $^1/_{178}$; doch ist besonders die lappländische Messung beträchtlich fehlerhaft, wie spätere Untersuchungen *Svanberg's* und *Rosenberger's* dargethan haben.

§. 15.

Seit jenen ersten gründlich ausgeführten Messungen hat man zu verschiedenen Zeiten und zum Theil in den entlegensten Erdgegenden ähnliche ausgeführt, die uns jetzt eine verhältnissmässig sehr genaue Bestimmung der Grösse verschiedner Meridiangrade verschafft haben, und zugleich haben *Schmidt*, *Walbeck* und *Bessel* die gewonnenen Data nach den strengsten theoretischen Anforderungen berechnet. Der letzten und umfassendsten Arbeit von *Bessel* liegen folgende Messungen zum Grunde:

die peruvianische,
die (spätere) lappländische,
die französische,
die englische,
die hannöverische,
die dänische,
die rusissche,
zwei ostindische,
die preussische (von *Bessel* selbst ausgeführt).

Mehrere andre (wie die am Cap, in Oestreich, in Nordamerika ausgeführten) sind ausgeschlossen, da sie den angeführten an Genauigkeit nachstehen. Das Resultat ist folgendes:

Radius des Aequators 3272077,14 Toisen
" " Poles . 3261139,33 "
Verhältniss beider . 299,1528 : 298,1528, also in runder Zahl die Abplattung = $^1/_{300}$.

Setzt man die mittlere Polhöhe eines Meridiangrades = φ, so ist seine Länge in Toisen

$$57013^t{,}109 - 286{,}337 \cos. 2\varphi + 0611 \cos. 4\varphi - 0{,}001 \cos. 6\varphi$$

---

*) Den bei dieser Messung gebrauchten Quadranten hat *Maupertuis*, als nachheriger Präsident der Berliner Akademie der Wissenschaften, diesem Institut geschenkt, und er befindet sich jetzt auf der Königlichen Sternwarte daselbst.

und die Grösse eines Grades des Parallelkreises unter derselben Breite

$= 57156{,}285 \cos. \varphi - 47825 \cos. 3\varphi + 0{,}060 \cos. 5\varphi.$

So ergiebt sich für Berlin, dessen Breite $= 52^0\ 30'\ 16'',36,$
Länge eines Meridiangrades $= 57087{,}791,$
Länge eines Grades des Parallels $= 34834{,}994.$

Da man gewohnt ist, den 15. Theil eines Grades des Aequators geographische Meile zu nennen, so erhält man für die Länge einer solchen Meile 3807,235 Toisen oder 22843,41 Pariser Fuss*).

Zu diesen Messungen sind jetzt noch hinzuzufügen:

1) die südliche Fortsetzung der russischen Messung bis Ismail;

2) die nördliche Fortsetzung durch Finnland und Norwegen bis Fuglenäs (russisch-norwegische Messung);

3) die Messung von Everest in Nord-Indien als Fortsetzung der Lambton'schen; die neuere englische, bei welcher auch die Local-Anziehungen der benachbarten Berge berücksichtigt sind;

sowie einige andre erst zum Theil ausgeführte oder noch nicht veröffentlichte.

Beabsichtigt ist eine weitere Fortsetzung von Ismail durch die Türkei und Candia, die wahrscheinlich von Frankreich ausgeführt werden wird.

Auch eine Längengradbestimmung scheint zu Stande zu kommen. *Struve* hat 1857 in der Pariser Akademie die erste Anregung dazu gegeben und die Behufs einer solchen Berechnung noch durch Messung auszufüllenden Lücken quer durch Europa sind nicht so ausgedehnt, dass die Vollendung der Arbeit erst in ferner Zukunft zu erwarten wäre. — Doch sind neue definitive Berechnungs-Resultate aus diesen Messungen bis jetzt nicht veröffentlicht worden.

In der hier folgenden Tabelle sind die Längen- und Brei-

*) Die hier aufgeführten Werthe sind etwas verschieden von denen, welche *Bessel* anfangs gefunden hatte und welche ich in der ersten Auflage dieses Werks anführte. Die Verschiedenheit hat ihren Grund darin, dass 1841 ein Fehler in der von *Delambre* ausgeführten Berechnung eines Dreiecks der französischen Gradmessung entdeckt ward, wodurch eins der 10 Data, auf welche *Bessel* seine Berechnung gegründet hatte, geändert ward. Dies veranlasste Letztern, die Rechnung zu wiederholen, wodurch er zu den oben aufgeführten Bestimmungen gelangte.

tengrade des Erdkörpers von 5° zu 5° der Polhöhe, nach vorstehender Formel berechnet, aufgeführt. Durch Hülfe der angesetzten Differenzen kann man sie für jeden beliebigen Punkt der Erdoberfläche, dessen Polhöhe bekannt ist, erhalten. Zugleich sind zwei andere häufig zur Anwendung kommende Bestimmungen, der Radius Vector des Erdsphäroïds und die sogenannte verbesserte Breite angegeben. Ersterer ist die grade Linie von dem betreffenden Parallel der Erdoberfläche zum Mittelpunkte, letztere der Winkel, welchen jene grade Linie mit der Ebene des Aequators macht. — Auf einer Kugel würden alle Breitengrade und alle Radienvectoren einander gleich, und eben so die verbesserte Breite nicht von der Polhöhe verschieden sein.

§. 16.

Obgleich nun diese Werthe diejenigen sind, welche sich möglichst genau den Beobachtungen anschliessen, so zeigen sich dennoch Abweichungen, die, obwohl an sich klein, doch grösser sind, als die bei der jetzigen Schärfe der Beobachtungskunst noch zu befürchtenden Fehler. So gaben z. B. alle amerikanischen Beobachtungen eine kleinere Abplattung, als die europäischen: und man muss daher annehmen, dass auch das Sphäroïd noch nicht durchaus der Erdgestalt entspreche. Indess haben diese Abweichungen höchst wahrscheinlich einen blos physischen Grund. Die sehr ungleiche Vertheilung des Landes und Wassers (fast die Hälfte der Nordhalbkugel ist Land, dagegen nur der siebente Theil der

Breite.	Länge des Meridiangrades in Toisen.			Länge eines Grades des Parallels in Toisen.			Radius Vector.		Verbesserte Breite.		
		Δ'	Δ"		Δ'	Δ"		Δ		Δ'	Δ"
0°	56727,384		+ 8,628	57108,520		—431,748	1,000000		0° 0' 0,"0		0,"0
		+ 4,314			—215,874			25		4°58' 0,"5	
+ 5	56731,698		8,497	56892,646		430,200	0,999975		4 58 0, 5		3, 5
		12,811			646,074			76		4 58 4, 0	
10	56744,509		8,120	56246,572		425,568	0,999899		9 56 4, 5		7, 2
		20,931			1071,642			121		4 58 11, 2	
15	56765,440		7,497	55174,930		417,872	0.999778		14 54 15, 7		10, 4

		28,428			1489,514			166		4 58 21, 6	
20	56793,868		6,652	53685,416		407,128	0,999612		19 52 37, 3		13, 2
		35,080			1896,642			205		4 58 34, 8	
25	56828,948		5,606	51788,774		393,388	0,999407		24 51 12, 1		16, 0
		40,686			2290,030			237		4 58 50, 8	
30	56869,634		4,388	49498,744		376,713	0,999170		29 50 2, 9		18, 0
		45,074			2667,463			263		4 59 8, 8	
35	56914,708		3,031	64832,001		357,148	0,998907		34 49 11, 7		19, 7
		48,105			3023,891			281		4 59 28, 5	
40	56962,813		1,580	43808,110		334,849	0,998626		39 48 40, 2		20, 8
		49,685			3358,740			290		4 59 49, 3	
45	57012,498		+ 0,074	40449,372		309,884	0,998336		44 48 29, 5		20, 7
		49,759			3668,624			291		5 0 10, 0	
50	57062,257		− 1,440	36780,748		282,425	0,998045		49 48 39, 5		20, 8
		48,319			3951,049			282		5 0 30, 8	
55	57110,576		2,922	32829,699		252,652	0,997763		54 49 10, 3		19, 8
		45,397			4203,701			264		5 0 50, 6	
60	57155,973		4,312	28625,998		220,764	0,997499		59 50 0, 9		18, 3
		41,085			4424,465			240		5 1 8, 9	
65	57197,058		5,581	24201,533		186,992	0,997259		64 51 9, 8		16, 2
		35,504			4611,457			207		5 1 25, 1	
70	57232,562		6,677	19590,076		161,609	0,997052		69 52 34, 9		13, 5
		28,827			4763,066			168		5 1 38, 8	
75	57261,389		7,571	14827,010		114,901	0.996884		74 54 13, 7		10, 5
		21,256			4877,967			125		5 1 49, 3	
80	57282,645		8,231	9949,043		77,175	0,996759		79 56 3, 0		7, 4
		13,025			4955,142			76		5 1 56, 7	
85	57295,668		8,637	4993,901		38,759	0,996683		84 57 59, 7		3, 6
		4,388			4993,901			26		5 2 0, 3	
90	57300,056		8,776	0,000		0,000	0,996657		90 0 0, 0		0, 0

Südhalbkugel) und das sehr abweichende specifische Gewicht beider Hauptbestandtheile macht eine vollständige Symmetrie des Erdkörpers fast unmöglich. Ueberdies veranlassen die Berge schon Abweichungen sehr verschiedener Art.

Ueberhaupt aber stehen die bisherigen Berechnungen zu vereinzelt, erstrecken sich über zu kurze Bögen und umfassen einen zu kleinen Theil des Erdkörpers, um über Abweichungen von der sphäroïdischen Gestalt etwas Mehreres als Vermuthungen wagen zu können. Wenn einerseits die Messungen in Osteuropa vom Nordcap bis Griechenland sich erstrecken werden, — wozu die nächsten Jahrzehende Aussicht gewähren — andererseits in den weiten Gebieten der nordamerikanischen und mexicanischen Union grössere Linien bestimmt sind, die, vereint mit der alten peruvianischen Messung, uns die Gestalt der Meridiane der westlichen Halbkugel eben so genau kennen lehren werden, wie wir die der östlichen aus den europäischen und ostindischen Messungen kennen, so wird die Zeit gekommen sein, wo man in grösserer Bestimmtheit als jetzt über die Gestalt der Erde wird urtheilen können.

Von der Masse und Dichtigkeit der Erde, den Pendellängen, Fallhöhen u. dgl. wird weiter unten die Rede sein, wenn wir das Gesetz der Schwere, was zum Verständniss dieser Verhältnisse nothwendig ist, kennen gelernt haben. Alsdann wird sich zugleich zeigen, dass die Grösse der Abplattung auf noch andere Art gefunden werden kann, und dass die Resultate dieser verschiedenen Methoden sehr nahe mit einander übereinstimmen — der beste praktische Beweis für die Richtigkeit der gemachten Voraussetzungen.

§. 17.

Die Verschiedenheit der Jahres- und Tageszeiten auf der Erde erklärt sich am leichtesten und einfachsten, wenn man die Erde sich selbst um ihre Axe drehen und zugleich einen Lauf um die Sonne beschreiben lässt. Stände die Axe der Erde senkrecht auf der Bahn derselben oder mit andern Worten: läge der Aequator und die Ekliptik in einer Ebene, so könnte kein Unterschied der Jahreszeiten und keine Ungleichheit der Tage stattfinden. Die jedesmalige Erleuchtungsgrenze nämlich würde dann stets durch die Pole gehen und alle Parallelkreise genau halbiren, so dass bei einer gleichförmigen Axendrehung jeder derselben Jahr aus Jahr ein nur Tage und Nächte von 12 Stunden hätte. Die Figur 7. zeigt uns diese Lage, die aber in Bezug auf unsere Erde nicht stattfindet, nie stattfand, noch jemals stattfinden wird. —

8. Denkt man sich dagegen die Lage der Axe wie hier wo *Ee* die Erleuchtungsgrenze, *Pp* die Polaraxe und *AB* der Aequator ist, so erhält man eine Vorstellung von der Art, wie sich die Verschiedenheit der Jahreszeiten bildet. Die Sonne bescheine die Erdkugel (Fig. 8. I.) von *S* her, so liegt der Pol *P* und eine gewisse Zone um denselben herum diesseit der Erleuchtungsgrenze, der Pol *p* und eine gleich grosse Zone jenseit derselben, und in dieser Figur 8. II., wo die Sonne von *S* her scheint, die Lage der Axe aber dieselbe wie 8 I. ist, wird das Verhältniss, von *P* und *p* sich umkehren. Ist *P* der Nord- und p der Südpol, so ist Fig. 8. I. die Lage der Erde zur Zeit des 22. Juni, wo auf der Nordhalbkugel der Sommer anfängt, und die Tage am längsten sind. Alle zwischen *P* und *AB* liegende Parallelkreise werden durch *Ee* in zwei ungleiche Theile getheilt, in eine grössere Tages- und eine kleinere Nachtzeit. Den durch *E* gehenden Parallelkreis und alle zwischen *E* und *P* liegende trifft die Theilung gar nicht mehr, sie haben um diese Zeit nur Tag, und der Punkt der Erdoberfläche *m*, welchen die Sonne senkrecht trifft, liegt nordwärts vom Aequator und eben so weit von ihm entfernt als *E* von *P*. Das Gegentheil findet auf der südlichen Halbkugel statt; hier werden die Parallelkreise in eine grössere Nacht- und eine kleinere Tageshälfte getheilt, und jenseit *e* nach *p* zu ist nur Nacht. — Der Aequator *AB* wird, als ein grösster Kreis, von der Erleuchtungsgrenze *Ee* auch bei dieser schrägen Lage nothwendig genau halbirt. Dagegen stellt Fig. 8. II. den Winter der Nordhalbkugel am 22. December dar. Der Punkt *m'*, den die Sonne senkrecht trifft, liegt südwärts vom Aequator und die beiden Halbkugeln haben die Rollen gewechselt. — Man sieht zugleich, dass die Ungleichheit der Theilung zwischen Tag und Nacht desto merklicher wird, je weiter man vom Aequator nach einem der Pole zu fortschreitet.

Es ist ferner leicht einzusehen, dass in *m* und resp. *m'* die Sonne im Zenith steht, und dass ihr Zenithabstand bei der Culmination für jeden Erdort der Entfernung desselben von *m* oder *m'*, in Bogen des Erdmeridians ausgedrückt, gleich sein müsse. Daher hat jede Halbkugel in ihrem Sommer beträchtlich kleinere Zenithabstände der Sonne, als in ihrem Winter.

§. 18.

9. Man setze nun in S die Sonne, und lasse die Erde um die Sonne einen Kreis beschreiben, dessen Durchmesser *CC'* und dessen Ebene senkrecht auf der Ebene des Papiers gedacht werden muss, wobei aber die Axe *Pp*

ihre Lage beständig behält (stets sich selbst parallel bleibt), so wird man eine Vorstellung davon erhalten, wie die längeren Tage und der höhere Sonnenstand allmählig abnehmen und ohne Sprung in die Lage des Winters übergehen.

Auf halbem Wege zwischen 9. I. und 9. II. wird die Erleuchtungsgrenze durch die Pole gehen und Tag und Nacht auf der ganzen Erde gleich machen, der senkrechte Sonnenstrahl trifft den Aequator und der Zenithabstand der Sonne ist für jeden Erdort der Polhöhe gleich. Das nämliche findet statt, wenn in der andern Hälfte der Bahn die Erde auf halbem Wege zwischen 9. II. und 9. I. steht. Es sind dies die Momente der Nachtgleichen, und zwar der Herbst- und Frühlingsnachtgleiche.

Anm. Das hier Gesagte erhält durch ein einfaches Modell (Tellurium), wo die Erdkugel, auf eine schräge Axe gesteckt, einen Lauf um ein die Sonne vorstellendes künstliches Licht beschreibt, seine völlige Deutlichkeit. Es giebt sehr viele Fälle, wo man durch die blos zeichnende Darstellung auf einer Fläche zur Versinnlichung nicht ausreicht. Man thut dann jedesmal wohl, sich eines wenn auch nur ganz einfachen und rohen Modells zu bedienen.

§. 19.

Der Bogen $Am' = PE$ ist das Maass für die Schiefe der Ekliptik, wofür man eben so gut Schiefe des Aequators setzen könnte, da man sowohl die eine als die andere der beiden Ebenen als Grundebene betrachten kann. Sie ist nicht ganz constant, sondern schwankt zwischen $21\frac{1}{2}^0$ und $27\frac{1}{2}^0$, aber dies in Perioden von mehreren Jahrtausenden. Gegenwärtig beträgt sie 23° 27′ 32″ und sie ist in Abnahme begriffen, so dass sie jährlich etwa um eine halbe Sekunde kleiner wird. Diese geringen Veränderungen können in Bezug auf Klimate keine merkliche Wirkung äussern. Wenn z. B. die Schiefe nach 8--10000 Jahren bis auf $21\frac{1}{2}^0$ sich vermindert haben wird, so werden die Sommertage in unsern Gegenden um 25 Minuten kürzer, die Wintertage um eben so viel länger werden als gegenwärtig. Die Wärme der Sommer wird durchschnittlich etwa um ½ Grad geringer, die Kälte der Winter aber in demselben Maasse milder werden; für die Uebergangszeiten, sowie für das Jahr im Durchschnitt, würde sich keine Veränderung herausstellen. Wenn demnach die Erde, wie einige Thatsachen darzuthun scheinen, einst beträchtlich wärmer als jetzt war, so kann der Grund nicht in diesen Verhältnissen gesucht werden. Ueberhaupt sind alle Hypothesen, die man über eine in früheren Zeiten vermeintlich

verschiedene Stellung der Erdaxe gegen die Sonne, eine verschiedene Lage des Aequators in Bezug auf die Erdtheile u. dgl. so vielfach aufgestellt hat, vor einer gründlichen analytischen Untersuchung in ihr Nichts zerronnen. Hatte einst die Erde, wie es allerdings sehr wahrscheinlich ist, eine bedeutend höhere Temperatur als jetzt, so sind die Ursachen derselben gewiss in jenem grossartigen chemischen Prozesse zu suchen, durch den unser Wohnort seine jetzige Gestaltung erhalten hat; keineswegs aber in einer verschiedenen Lage gegen die Sonne. Wir wissen, dass noch jetzt in grossen Tiefen eine bedeutend höhere Temperatur herrscht (mit jeden 100 Fuss Tiefe nimmt die Wärme durschnittlich um 1 Grad zu, so weit unsere Erfahrungen reichen); wir müssen hieraus schliesen, dass das eigentliche Innere der Erde fortwährend in einem Zustande grosser Erhitzung sei; und Niemand kann hierbei an eine Wirkung der Sonne denken, die schon in 60 Fuss Tiefe völlig Null ist. Nun aber war gewiss, man möge sich den frühesten Zustand der Erde vorstellen, wie man wolle, das Innere und die Oberfläche einst in viel lebhafterer Wechselwirkung als jetzt, wo, ausser vereinzelten Spuren vulkanischer Thätigkeit, nichts mehr übrig geblieben ist, was uns die Wirkungen des Innern bemerkbar machte. Hieraus, und allein hieraus, sind die Palmenwälder, und das Megatherion Sibiriens, und viele andere Erscheinungen zu erklären, die man vergebens in eine astronomische Beziehung zu bringen sich abgemüht hat.

Die weitere Verfolgung dieses Verhältnisses ist also, wie man sieht, gar nicht des Astronomen Sache. Geologen und Chemiker mögen sich bemühen, über die genannten Facta und ihre Ursachen bestimmteren Aufschluss zu geben.

§. 20.

Die Parallelkreise, welche den Punkten m und m' (Fig. 8.), wo beide am weitesten vom Aequator entfernt sind, auf der Erdkugel entsprechen, nennt man Wendekreise, und sie bezeichnen also die Grenzen derjenigen Zone, innerhalb deren die Sonne bei ihrer Culmination ins Zenith kommen kann. Nach den Zeichen des Thierkreises, in welche zu diesen Zeiten die Sonne rückt, nennt man den nördlichen den Wendekreis des Krebses, den südlichen den des Steinbocks. Die Punkte E und e dagegen, da wo sie am weitesten von P und p entfernt sind, bezeichnen diejenigen Parallelkreise, jenseit welcher eine kürzere oder längere Zeit des Jahres hindurch die Sonne gar nicht auf- oder untergeht; sie heissen die Polarkreise. Die beiden von ihnen eingeschlossenen

Räume heissen die kalten Zonen; sie begreifen zusammen 0,082 der Erdoberfläche. Zwischen den Polar- und Wendekreisen liegen die beiden gemässigten Zonen, die zusammen 0,520 begreifen, und innerhalb der beiden Wendekreise die heisse, welche 0,398 begreift.

Die Dauer der längsten Tage (und längsten Nächte) unter den verschiedenen Breiten (abgesehen von einer kleinen, wenig in Betracht kommenden Verschiedenheit der beiden Halbkugeln, was die Polargegenden betrifft), kann man aus folgender Tabelle ersehen:

Unter	0°	0'	längster Tag	12	Stunden
„	16	44	„	13	„
„	30	48	„	14	„
„	41	24	„	15	„
„	49	2	„	16	„
„	54	31	„	17	„
„	58	27	„	18	„
„	61	19	„	19	„
„	63	23	„	20	„
„	64	50	„	21	„
„	65	48	„	22	„
„	66	21	„	23	„
„	66	32	„	24	„
„	67	23	„	1	Monat
„	69	51	„	2	„
„	73	40	„	3	„
„	78	11	„	4	„
„	84	5	„	5	„
„	90	0	„	6	„

Alles, was sich auf diese Tageslängen, so wie auf die Culminationshöhe, die Morgen- und Abendweite u. s. w. der Sonne in den verschiedenen Jahreszeiten bezieht, bleibt sich für einen gegebenen Parallel der Erde in allen Jahren gleich, und hingen die klimatischen Verhältnisse der Erde hiervon allein ab, so müssten auch diese sich in jedem Jahre und für alle unter demselben Parallel gelegenen Orte gleichen. Da aber das wirkliche Klima eines Orts stets ein aus den Wirkungen der Sonne und den physischen Localverhältnissen der Erde, so wie vielleicht noch anderen uns unbekannten Ursachen abgeleitetes ist, so können auch die einzelnen Jahrgänge in Bezug auf Witterung nicht gleich sein, und eben so wenig die Benennungen heisse, gemässigte, kalte Zone in physischer Beziehung den Naturverhältnissen der Erde überall entsprechen. — In der That scheinen die kältesten, wie die heissesten Ge-

genden der Erde nahe an den Grenzen der „**nördlich gemässigten**" Zone, und vielleicht sogar beide innerhalb derselben, gesucht werden zu müssen: letztere in der Sahara, die ersteren im tiefen Innern Sibiriens und in den noch wenig bekannten arktischen Gefilden Nordamerika's.

§. 21.

Auch die übrigen Himmelserscheinungen sind für die verschiedenen Zonen der Erde nicht dieselben. Der Mond z. B. kann erst nach innerhalb 19 Jahren wieder, auch noch solchen Orten der Erde ins Zenith kommen, die bis 28° 45′ vom Aequator zu beiden Seiten entfernt sind, und für mehrere Planeten, namentlich Venus, Mars und die 56 kleinen Planeten sind diese Grenzen sogar noch mehr zu erweitern, Allgemeine Regeln und Tabellen lassen sich jedoch darüber nicht aufstellen, da die eigene Bewegung dieser Körper, deren Umläufe nicht genau mit vollen Erdjahren abschliessen, hierbei mit in Betracht gezogen werden müssen. Im Allgemeinen erscheinen alle diese Wandelsterne desto höher über dem Horizont, je mehr wir uns dem Erdäquator nähern, und eine Sternwarte, auf welcher möglichst ununterbrochene Beobachtungen der Körper unseres Sonnensystems angestellt werden sollen, wird deshalb nicht zu hoch nach Norden oder Süden gelegt werden dürfen.

Hier muss noch der sogenannten **Parallaxe** der Himmelskörper gedacht werden. Wäre die Erde so klein, im Vergleich zur Entfernung der Weltkörper, dass ihr Durchmesser als etwas unmerklich Verschwindendes angesehen werden könnte, so könnten auch alle von einem solchen entfernten Punkte ausgehende und die verschiedenen Theile der Erdoberfläche treffende Strahlen als parallel unter einander gesetzt werden. Dies ist nun zwar in Bezug auf viele, ja die meisten Himmelskörper, namentlich die gesammte Fixsternwelt, allerdings der Fall; nicht aber wenn man Körper innerhalb unseres Sonnensystems und namentlich den Mond betrachtet. 10. Sei b der Erdmittelpunkt, m der Mond, so trifft die von m nach b gezogene Linie die Erdoberfläche in c, und man sieht von c aus den Mond nach derselben Richtung, nach welcher man ihn von b aus erblicken würde. Dagegen sei a ein andrer so gelegener Punkt, dass $abm = 90°$ ist, so wird man von a aus den Mond nach der Richtung am sehen, während doch nicht am, sondern am' mit bm parallel liegt. Der Winkel $mam' = amb$ drückt also die **Abweichung** der beiden Richtungen aus, welche für zwei Beobachter stattfindet, deren einer den Mond im Horizont, der andre ihn im Zenith hat, und heisst die Mond-

parallaxe für den Erdort *a*, ist also die Horizontalparallaxe des Mondes. Ein dritter Punkt *d* mache mit *bm* einen spitzen Winkel, so wird *bmd* die Parallaxe für denselben sein: sie ist kleiner als die Horizontalparallaxe und kann aus dieser berechnet werden, wenn man den Winkel *mbd* kennt. Beim Monde kann die Horizontalparallaxe über 1° gehen, bei allen andern Weltkörpern beschränkt sie sich auf Sekunden. In letzterem Falle kann man ohne praktischen Fehler die Parallaxe für einen gegebenen Erdort (*p*) aus der Horizontalparallaxe des betreffenden Gestirns (*P*) und der Höhe desselben über diesem Erdorte (*h*) herleiten durch die einfache Formel

$$p = P \cos. h,$$

eine Formel, die auch für den Mond ausreichen würde, wenn man Fehler unter einer Sekunde nicht achten wollte. Indess müsste man hierzu die Höhe *h* kennen, welche durch die Beobachtungen gewöhnlich nicht direct gegeben ist, weshalb der Astronom bei seinen praktischen Berechnungen sich gewöhnlich andrer mehr zusammengesetzter Formeln bedient, in denen aber ausser der Horizontalparallaxe noch die Rectascension und Declination des Gestirns, so wie die Polhöhe des Orts und der Stundenwinkel vorkommen, welche Bestimmungen in gewöhnlichen Fällen stets gegeben sind.

Die Parallaxe bewirkt, dass sämmtliche Himmelskörper, für welche sie noch merklich ist, niedriger zu stehen scheinen, als sie ohne dieselbe stehen würden; und zwei Himmelskörper, die vom Mittelpunkt der Erde aus gesehen, nach gleicher Richtung am Firmament erscheinen, werden von einem andern Punkte aus betrachtet, um die Differenzen ihrer Parallaxen von einander abstehen, und zwar der nähere Körper tiefer. Die Parallaxe verspätet also den Aufgang und beschleunigt den Untergang eines Gestirns (doch nur beim Monde ist dies noch merklich) und man wird vom Monde aus nicht die volle Halbkugel der Erde gleichzeitig sehen, sondern die sichtbare Halbkugel wird um eine Zone, deren Breite der Parallaxe gleich ist und die rings herumläuft, vermindert sein. In ähnlicher Weise sehen wir auch von der Erde aus nicht die volle Mondhalbkugel gleichzeitig, sondern am Rande mit einer allerdings sehr unbedeutenden Verminderung.

Die Parallaxe eines Gestirns ist zugleich der Winkel, unter welchem von diesem Gestirn aus der Erdhalbmesser gesehen wird, wie aus der Figur erhellt. Sie ist der dritte Winkel eines ebenen Dreiecks, und wird mithin gefunden, wenn man die beiden andern Winkel desselben durch Beobachtungen ermittelt hat. Alsdann aber lässt sich aus der Parallaxe die

Entfernung des Himmelskörpers finden, denn diese ist desto grösser, je kleiner die Parallaxe ist; und wenn es unsern Bemühungen nicht gelingt, eine Parallaxe mit hinreichender Sicherheit zu finden, so muss daraus geschlossen werden, dass die Entfernung zu gross sei, um den Erdhalbmesser noch als merkliche Grösse darzustellen.

Näheres über die allgemeinen Verhältnisse des Erdkörpers, z. B. über Ebbe und Fluth, wird weiterhin vorkommen. Hier galt es, seine mathematische-astronomischen Verhältnisse vorläufig zur allgemeinen Anschauung zu bringen.

Dritter Abschnitt.

Die Atmosphäre der Erde und ihre Wirkungen in Bezug auf astronomische Erscheinungen.

§. 22.

Die gesammte Erdoberfläche ist von einer gasförmigen, durchsichtigen Flüssigkeit umgeben, die wir Luft nennen und die sowohl aus zwei Grundbestandtheilen zusammengesetzt, als auch mit einer Menge anderer Stoffe vermischt, und mehr oder weniger innig verbunden ist. Die ganze, unsre Erde umhüllende Luftkugel nennen wir Atmosphäre (Dunstkreis) und sie ist die Hauptwerkstätte aller derjenigen Veränderungen, welche wir in der meteorologischen Physik betrachten.

Ihre Grundbestandtheile sind Oxygen (Sauerstoff, Lebensluft) zu 0,21 und Azot (Stickstoff) zu 0,79 Theilen; für sich allein ist nur der erstere einathembar, und durch ihn auch das Gemisch selbst, welches wir atmosphärische Luft nennen. Keine andere Gasart (deren wir eine beträchtliche Anzahl kennen) ist zum fortgesetzten Einathmen für Menschen und Thiere tauglich, und auch die atmosphärische Luft kann durch zu starke fremdartige Beimischungen, oder durch bedeutende Verminderung des Sauerstoffgehalts, untauglich zum Einathmen werden.

§. 23.

Eine Haupteigenschaft der Luft und jedes Gases ist die Elasticität. Nicht allein lässt sie sich um mehr als das Hundertfache zusammendrücken, sondern sie dehnt sich auch in's Ungemessene aus, sobald der Raum dazu gegeben ist, und sie erfüllt jedesmal den ihr gegebenen Raum ganz. Sie übt einen elastischen Druck auf alle Körper sowohl, als auch auf sich selbst aus und dieser gegenseitige Druck der Luftmassen erhält sich im Gleichgewicht. Nach dem nur annähernd wahren Mariotteschen Gesetz verhält sich die Dichtigkeit einer Luftschicht stets wie der Druck, den sie empfindet. Die tiefern Luftschichten sind also nothwendig dichter, da sie von einer grösseren Menge höher liegender Luftmassen Druck empfinden, und üben in gleichem Maasse verstärkteren Druck auf die noch tiefer liegenden aus. Den stärksten Druck empfindet also die Erdoberfläche selbst und die auf ihr befindlichen Körper; die an der äussersten Grenze liegende Luftschicht müsste hiernach unendlich dünn und der Druck für sie gleich Null sein.

Indess ist nicht zu übersehen, dass zwei Umstände einer solchen unendlichen Ausdehnung der Luft entgegenstehen. Die Schwere der Luft (obgleich sie im Zustande ihrer mittlern Dichtigkeit an der Erdoberfläche nur $^1/_{800}$ der Schwere des Wassers zeigt) bewirkt eine grössere Annäherung der Massen zur Erde, als ausserdem stattfinden würde, und die in den höhern Regionen herrschende grosse Kälte (die von den Jahreszeiten der Erde ganz unabhängig ist) verdichtet ebenfalls die Luft und verengert ihre obern Grenzen. — Eine Ausdehnung, die das Fünffache des Erdhalbmessers überstiege, könnte sie überdies aus noch andern Gründen nicht haben: hier wäre nämlich der Umschwung, den die Erdrotation veranlasst, so stark, dass die jene Höhe überschreitenden Luftmassen von der Erde hinweggeschleudert und in den Weltraum zerstreut werden würden.

Indess haben wir kein direktes Mittel, die Höhe, zu welcher die Atmosphäre sich erstreckt, zu bestimmen; wir können nur im Allgemeinen die untere Grenze bezeichnen, welche sie mindestens haben muss. Ihre strahlenbrechende und strahlenzurückwerfende Kraft (s. weiter unten §. 26.) ist bis zu 9—10 Meilen Höhe hin noch merklich. Sind die Nordlichter und einige andre Meteore atmosphärische Erscheinungen, so ist ihre Höhe mindestens 80—100 Meilen; doch muss sie in solchen Entfernungen ungemein dünn sein.

§. 24.

Um das Gesetz der Abnahme der Luftdichtigkeit zu be-

stimmen, so setze man die Dichtigkeit an der Erdoberfläche $= 1$. Die nächst darüber liegende Luftschicht wird einen um $^1/_m$ geringeren Druck empfinden, ihre Dichtigkeit ist also $= \frac{m-1}{m}$. Die weiter fortschreitende Verminderung (die Dicke der einzelnen Schichten gleich gesetzt) kann demnach nur im Verhältniss der Dichtigkeit selbst vor sich gehen, wird also von $\frac{m-1}{m}$ die neue Verminderung in Abzug gebracht, so erhält man $\frac{m-1}{m} - \frac{1}{m} \cdot \frac{m-1}{m} = \left(\frac{m-1}{m}\right)^2$. Die Dichtigkeit der Luft muss also nach den Potenzen des Bruchs $\frac{m-1}{m}$ abnehmen, während die Höhe der Luftschicht gleichförmig zunimmt, sie nimmt demnach in einer geometrischen Reihe ab, während die Höhe arithmetisch steigt; und beide werden also folgende Form haben:

Höhe der Luftschicht	0,	1,	2,	3,	4,	...	n;
Dichtigkeit	1,	$\left(\frac{m-1}{m}\right)$,	$\left(\frac{m-1}{m}\right)^2$,	$\left(\frac{m-1}{m}\right)^3$,	$\left(\frac{m-1}{m}\right)^4$,	...	$\left(\frac{m-1}{m}\right)^n$.

Es geht nun aus dem Gesagten zur Genüge hervor, dass die Abnahme nicht sprungweise nach gewissen Absätzen, sondern continuirlich erfolgt: hat man also durch Versuche herausgebracht, in welcher Höhe die Abnahme des Drucks eine gewisse Grösse betrage, so hat man dadurch das Mittel, die Dichtigkeit für jede Höhe zu berechnen. Denn da die Dichtigkeit D für die Höhe n durch die Gleichung

$$D = \left(\frac{m-1}{m}\right)^n$$

gegeben ist, welche logarithmirt in die folgende

$$\log D = n \log \left(\frac{m-1}{m}\right) = n \left([\log m - 1] - \log m\right)$$

übergeht, so hat man nur die Einheit für n zu bestimmen, bei welcher m eine verlangte Grösse erreicht, was durch directe Versuche geschehen muss.

§. 25.

Das geeignete Instrument für solche Bestimmungen ist das bekannte Barometer. Die Grösse der Quecksilbersäule in demselben giebt nämlich unmittelbar den Druck und die

Dichtigkeit der Luft an; sucht man also die Höhe, in welcher es um eine verlangte Quantität, z. B. um eine Pariser Linie fällt, so hat man das Verlangte. Durchschnittlich fällt das Barometer, das an der Meeresfläche etwa 338 Linien hoch steht, für 78 Fuss Höhe um 1 Linie. Hiernach würde z. B. in 1000 Fuss Höhe die Dichtigkeit D gegeben sein durch die Gleichung

$$\log D = \frac{1000}{78} \left(\log 337 - \log 338\right)$$

deren Auflösung $D = 0{,}9627257$ ergiebt; und in nämlicher Art kann man auch n finden, wenn D gegeben ist, indem sich sogleich ergiebt

$$n = \frac{\log [m - 1] - \log m}{\log D}$$

Diese letztere Anwendung des Mariotteschen Gesetzes ist die am häufigsten in der Praxis vorkommende, denn es ist leichter, durch das Barometer den Druck der Luft zu bestimmen, als die Höhe selbst direkt zu messen. Indess müssen hierbei manche andere Umstände berücksichtigt werden. Grössere Wärme dehnt die Luft aus, vermindert folglich ihren Druck und vergrössert so die Höhe, in welcher das Barometer um eine bestimmte Quantität fällt. Die Feuchtigkeiten, welche sich in Dampfform in der Luft befinden, wirken gleichfalls auf das Barometer; eben so ist, ganz abgesehen von diesen Correctionen, die Abnahme unter verschiedenen geographischen Breiten ebenfalls etwas verschieden. Da endlich kein einziger Erdort eine constante Barometerhöhe hat, und überdies die Gesetze, nach denen seine Veränderungen sich richten, nur zum geringen Theile bekannt sind, eine Vorausberechnung des Barometerstandes also nicht möglich ist, so bleibt nur übrig, das Barometer an beiden Orten, deren Höhenunterschied man bestimmen will, und zwar gleichzeitig zu beobachten, wobei dann immer noch vorausgesetzt werden muss, dass die gleichzeitigen Veränderungen des Barometers an beiden Orten proportional erfolgt seien, eine Voraussetzung, die nur innerhalb gewisser Grenzen annähernd wahr sein kann.

Eine genauere Formel für barometrische Höhenbestimmungen hat zuerst *Laplace* entwickelt, und hiernach haben *Gauss*, *Oltmanns* u. a. Tafeln berechnet. *Bessel* hat noch die in der Luft enthaltene Dampfmenge dabei berücksichtigt und hierauf bezügliche Formeln und Tafeln gegeben. Man findet diese und andere hierher gehörige Arbeiten sehr vollständig in *Schu-*

macher's Astronomischem Jahrbuch Bd. 1—4., worauf hier verwiesen werden muss.

§. 26.

Für den Astronomen ist eine möglichst genaue Bestimmung der Luftdichtigkeit besonders deshalb wichtig, weil davon die Grösse der Strahlenbrechung abhängt, die er bei seinen Beobachtungen genau kennen muss, um aus den scheinbaren Höhen der Gestirne die wahren abzuleiten. Geht nämlich der Lichtstrahl aus irgend einem durchsichtigen Medium in ein andres von verschiedener Dichtigkeit über, so wird er von seinem geraden Wege abgelenkt.

(Fig. 11.) Es sei *AB* diejenige Fläche, welche ein dünneres Medium (auf der Seite von *H*) von einem dichteren (nach *K* zu gelegenen) trennt. Wird *HK* normal auf *AB* gedacht und es trifft ein von *C* kommender Lichtstrahl die trennende Fläche in *D*, so geht er nicht den geraden Weg nach *G* fort, sondern wird nach *E* abgelenkt, so dass seine neue Richtung der Normale *DK* näher liegt als die frühere. Einem Auge in *E*, welches diesen Lichtstrahl empfängt, muss es demnach so scheinen, als komme er nicht von *C*, sondern von der Richtung *F* her.

Wäre umgekehrt das dichtere Mittel auf der Seite, von welcher der Lichtstrahl kommt, so würde er in *D*, wo er in das dünnere Mittel übergeht, eine Richtung annehmen, die ihn von der Normale *DK* weiter entfernt. Wäre also z. B. *FD* ein solcher Strahl, so würde er, in *D* angekommen, nicht die frühere Richtung nach *E* zu, sondern eine neue nach *C* verfolgen.

Der Winkel *CDH* heisst der Einfallswinkel, *EDK* der gebrochene und *GDE* die Brechung, und es gilt die Regel, dass für dieselben zwei Medien der Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des gebrochenen Winkels stets dasselbe Verhältniss hat. Der Quotient $\frac{\text{Sin } CDH}{\text{Sin } EDK}$ heisst der Brechungscoëfficient: er ist grösser als die Einheit beim Uebergange aus einem dünneren in ein dichteres Mittel, und kleiner im umgekehrten Falle. Die Grösse der Brechung kann also sowohl aus dem Einfalls- als auch aus dem gebrochenen Winkel gefunden werden, sobald der Brechungscoëfficient bekannt ist, diesen aber muss man durch direkte Versuche ermitteln. Sei dieser Coëfficient m, der Einfallswinkel a und der gebrochene f, so ist allezeit $\sin a = m \sin f$, folglich $\sin f = \frac{\sin a}{m}$ und die

Brechung selbst $= a - f$. Fällt ein Strahl in die Richtung der Normale, so findet natürlich keine Brechung statt, denn in diesem Falle ist $a =$ Null, folglich auch sin a und $\frac{\sin a}{m}$.

Bei Verfertigungen optischer Instrumente ist eine genaue Kenntniss der Brechungscoëfficienten für die verschiedenen Glasarten erforderlich.

§. 27.

Wenn das dünnere Mittel nicht, wie hier angenommen, in einer einzigen Ebene plötzlich in ein dichteres übergeht, sondern die Zunahme der Dichtigkeit stetig und allmählich erfolgt, so wird der Lichtstrahl in jedem Augenblick eine Veränderung seiner Richtung erfahren, folglich nicht eine gebrochene Linie wie *CDE*, sondern eine Curve bilden, deren Gestalt von dem Gesetz der Dichtigkeitszunahme abhängig sein wird.

(Fig. 12.) sei *AB* die obere, *CD* die untere Grenze einer Luftmasse, welche in unendlich viele Schichten von zunehmender Dichtigkeit getheilt ist, so wird der Strahl *FG* nicht seine Richtung nach *M* hin fortsetzen, sondern von *G* ab unendlich viele Ablenkungen näher der Normale hin erfahren und eine Curve *GC* beschreiben. Die Tangente dieser Curve an *C*, nämlich *EC*, wird demnach die Richtung sein, aus welcher der Lichtstrahl für ein in *C* befindliches Auge zu kommen scheint, während seine wahre ursprüngliche Richtung *FM* ist. Der Winkel *FCE* ist folglich die Summe sämmtlicher Brechungen, die der Lichtstrahl nach und nach erfahren hat, und dieser Winkel ist es, welcher in der Astronomie unter dem Namen Refraction (Strahlenbrechung) bekannt ist. Bei der eigentlichen astronomischen Refraction befinden sich die gesehenen Körper ausserhalb des Luftkreises, und man unterscheidet von ihr die terrestrische, wo sie sich innerhalb desselben, aber in einer Höhe befinden, die von der Höhe des Auges verschieden ist. Die terrestrische Refraction kann man stets als einen Theil der astronomischen betrachten. Sie ist nämlich gleich dem Unterschiede der astronomischen Strahlenbrechung für die beiden Orte, deren einer vom andern aus gesehen wird, und kann also durch Rechnung gefunden werden, wenn man für die beiden Orte die erforderlichen Angaben besitzt.

Es ist leicht einzusehen, dass die astronomische Refraction im Zenith selbst gleich Null und am Horizont in ihrem Maximo sein, dass sie ferner mit steigendem Barometer und eben so mit sinkendem Thermometer grösser werden müsse (vgl. §. 25.), und dass man folglich, ausser der scheinbaren Zenithdistanz, auch noch den Stand des Barometers und Thermometers beobachten

müsse, um die Grösse der Refraction zu bestimmen und somit die gemachte Beobachtung von ihrem Einflusse zu befreien. Schon *Cleomedes* bemerkte die Refraction, aber erst *Bradley* und *La Caille* gaben uns genauere Tafeln derselben, die man in neuester Zeit immer mehr vervollkommnet hat. Besonders haben *Bessel*, *Struve*, *Bianchi* u. a. neuere Astronomen sehr genaue Bestimmungen der Refraction geliefert. In *Bruhn's* (Direktor der Sternwarte Leipzig) gekrönter Preisschrift: „die astronomische Strahlenbrechung“ findet man alles hierher Gehörende durch eigne Untersuchungen bereichert und zweckmässig zusammengestellt.

Die mittlere Grösse der Strahlenbrechung am Horizont beträgt für Orte im Niveau des Meeres etwa 36 Minuten, für höher liegende Orte natürlich weniger. Sie nimmt keineswegs der Höhe proportional, sondern Anfangs sehr rasch ab; in 12 Grad Höhe beträgt sie etwa noch 6, in 45 Grad Höhe 1 Minute, näher dem Zenith beträgt ihre Abnahme für jeden Grad etwa 1 Sekunde, bis sie im Zenith selbst, wie oben bemerkt, Null ist. Aus diesem Grunde erscheinen die Sonne und der Mond am Horizont selbst nicht als Kreise, sondern gleichsam plattgedrückt, als Ellipsen.

(Fig. 13.) Es sei *AH* der Horizont, und die Sonne berühre denselben (die Refraction hinweggedacht) mit ihrem oberen Rande *s*. Der untere Rand *S* wird um den vollen Durchmesser, also bis *s*, der obere *s* aber aus der oben angegebenen Ursache, nur bis *s'* gehoben, und so entsteht (da die Seitenränder in vertikaler, folglich nahe paralleler Richtung gehoben werden) die Figur *a's'b's*, die vom Kreise so viel abweicht, als der Unterschied der Refractionen für den untern und obern Sonnenrand beträgt.

§. 28.

Der Lichtstrahl wird aber bei seinem Durchgange durch den Luftkreis nicht bloss abgelenkt, sondern auch g e s c h w ä c h t und zwar um desto mehr, je länger der Weg ist, den er durch den Luftkreis zurückzulegen hat, und je dichtere Luftschichten er durchschneidet. Aus beiden Ursachen ist die Lichtschwächung am geringsten im Zenith, am stärksten im Horizont. Bis 45° oder 50° Zenithdistanz hin kann man annehmen, dass die Zunahme der Lichtschwäche unmerklich, und folglich die Beobachtungen gleich gut mit denen im Zenith selbst sind, weiterhin aber fängt sie an, nachtheilig einzuwirken, und über 75° oder höchstens 80° Zenithdistanz hinaus wird der Astronom, wenn er es vermeiden kann, keine Beobachtungen mehr machen, die auf Genauigkeit Anspruch machen soll. Die Lichtschwächung allein würde zwar bei manchen Körpern, wie die Sonne, Venus

u. a. nicht gerade nachtheilig sein, allein gewöhnlich ist damit auch eine grössere Undeutlichkeit und Unbestimmtheit der Umrisse verbunden, so wie ein Hin- und Herzittern der Bilder, was ein scharfes Pointiren unmöglich macht. — Dass diese Lichtschwächung und Trübung der Bilder desto stärker werde, je mehr die Luft mit Dünsten angefüllt ist, versteht sich von selbst*).

§. 29.

Wäre die Luft völlig durchsichtig, so würden die Strahlen, wenn gleich gebrochen, durch sie hinfahren, ohne dass man da, wohin ihr Weg sie nicht direkt führt eine Spur derselben wahrnehmen würde. Aber die Lufttheilchen haben auch die Eigenschaft, einen grössern oder geringern Theil des auf sie treffenden Lichtes zurückzuwerfen, so dass wir, auch wenn wir den leuchtenden Körper selbst nicht mehr sehen, doch noch die von ihm erleuchtete Luft wahrnehmen können.

(Fig. 14.) Es sei *BA* ein Theil des Umfanges der Erde und ein Strahl komme von *S* her so, dass er in *A* die Erdfläche als Tangente berührt, so wird jenseit *A* nach *B* zu der Körper, von dem der Strahl ausgeht, nicht mehr gesehen werden können. Allein er setzt seine Richtung durch die Atmosphäre fort, welche ihn theilweise auf die Gegend jenseit *A* zurückwirft, und ist *C* der Punkt, wo diese Zurückstrahlungsfähigkeit aufhört merklich zu sein, so wird die gerade Linie *CB* die Grenzen in der Luft und auf der Erdfläche bezeichnen, bis wohin noch eine Spur des von *S* ausgehenden Lichtes wahrgenommen werden kann.

Indess ist der zurückgeworfene Theil des Lichts ein so geringer, dass nur bei den Sonnenstrahlen das Phänomen, unter dem Namen der Dämmerung bekannt, merklich wird. Der Mond bewirkt im günstigsten Falle nur eine äusserst schwache, die übrigen Gestirne gar keine Dämmerung. Bei der Sonne dagegen ist sie so merklich, dass nach ihrem Untergange eine beträchtliche Zeit verstreicht, ehe man die Gestirne mit blossen Augen wahrnimmt, ja dass man wohl noch eine Stunde nach

*) Unkundige pflegen gewöhnlich einen hohen Werth darin zu setzen, dass eine Sternwarte rings herum freien Horizont habe, und in der That war dies der Grund, weshalb man in früheren Zeiten hohe Thürme baute, und auf ihnen die Instrumente aufstellte. Eine bessere Einsicht des wahren Zwecks einer Sternwarte hat dahin geführt, dies Prinzip völlig zu verlassen. Dem Astronomen ist in der That sehr wenig daran gelegen, die immer trüber und undeutlicher werdenden Bilder der Gestirne bis zum Horizont verfolgen zu können, allein es liegt Alles daran, dass die grösstmöglichste Festigkeit für den Standpunkt der Instrumente erlangt werde, und dazu sind hohe Thürme am allerschlechtesten geeignet. Mehrere der vorzüglichsten Sternwarten neuerer Zeit sind desshalb so angelegt, dass die Haupt-Instrumente zu ebener Erde stehen.

Sonnenuntergang in frei gelegenen und hellen Zimmern seine Geschäfte ohne künstliches Licht verrichten kann. — Man hat beobachtet, dass die letzten Spuren der Dämmerung verschwinden wenn die Sonne 18 Grad unter den Horizont hinabgesunken ist; woraus man für den Punkt *C* eine Höhe von beiläufig 9 Meilen berechnet hat. So weit also erstreckt sich derjenige Theil des Luftkreises, der noch dicht genug ist, um sich auf diese Weise merklich zu machen.

Die hier gegebene Erklärung entspricht allerdings dem Phänomen der Dämmerung im Allgemeinen, es kommen aber dabei einzelne Erscheinungen vor, welche auf noch andere mitwirkende Ursachen schliessen lassen. Insbesondere gehört hierher die Gegendämmerung, ein matter farbiger Schimmer am Osthimmel, wenn die Sonne untergeht, und am westlichen, wenn sie aufgeht. Es ist dies der Schatten unserer Erde, nämlich der äusserste Theil desselben, in welchem noch ein durch Inflexion derjenigen Sonnenstrahlen, welche die Erdfläche tangiren, herrührender Schimmer erzeugt wird. Bei unruhiger, wenn gleich heitrer Luft wird von dieser Gegendämmerung wenig oder nichts wahrgenommen.

Erst wenn die letzten Spuren der Dämmerung verschwunden sind, wird man bei übrigens heiterm Himmel die schwächsten der überhaupt noch sichtbaren Sterne wahrnehmen. Da es nun in höheren Breiten Sommernächte giebt, in denen selbst um Mitternacht die Sonne weniger als 18 Grad unter dem Horizont steht, so wird für solche Gegenden, um die Zeit des längsten Tages, gar keine eigentlich dunkle Nacht, sondern nur Dämmerung sich zeigen. Für Berlin findet dies vom 17. Mai bis 25. Juli Statt, für Petersburg vom 22. April bis 20. August. An den Polen der Erde währt die Dämmerung noch 52 Tage nach dem Untergange der Sonne zur Zeit der Aequinoctien. So dauert am Nordpol, nachdem die Sonne am 23. September untergegangen ist, die Dämmerung bis zum 13. November fort; erst dann tritt völlige Dunkelheit ein und währt bis zum 29. Januar, wo sich die ersten Spuren der grossen Morgendämmerung zeigen, die immer heller wird, schon im Anfang des März alle Sterne ausgelöscht hat und am 21. März die Sonne heraufführt. — Die Refraction verspätet den Sonnenuntergang und lässt uns den Aufgang früher wahrnehmen, verlängert also den Tag direkt; die Dämmerung verkürzt ihrerseits die eigentliche dunkle Nacht um ein beträchtliches, so dass in allen Erdgegenden, wenn man auf das Jahr im Ganzen sieht, viel mehr Tag als Nacht herauskommt. Unter dem Aequator, wo diese Vermehrung am geringsten ist, zählt man unter den 8646 Stunden des Jahres

4348 Stunden Tag.

852 Stunden Dämmerung,
3446 „ Nacht.

Unter den Polen stellt sich das Verhältniss wie folgt:

4389 Stunden Tag,
2370 „ Dämmerung,
1887 „ Nacht;

wonach sich die Zwischenwerthe beiläufig beurtheilen lassen.

§. 30.

Die gesammte Masse der Luft lässt sich genauer als ihre Höhe angeben, sie beträgt $^{1}/_{1221300}$ der Erdmasse. Sie nimmt an beiden Bewegungen der Erde, sowohl der fortschreitenden als der rotirenden, Theil, und bleibt keinesweges hinter der letztern zurück, wie man sonst wohl angenommen, und darin die Ursache des beständigen Ostwindes am Aequator gesucht hat, der vielmehr durch die von O nach W fortschreitende Erwärmung der Erdfläche entsteht. Sie hat aber auch, eben so wie das Wasser, eigene Bewegungen verschiedner Art (Winde), die zum Theil beständig, grösstentheils aber veränderlich sind und deren Richtung durch die Rotation der Erde zwar nicht hervorgebracht, aber doch theilweise modificirt wird. Die Lehre von den in ihr vorgehenden Veränderungen gehört in das Gebiet der Meteorologie und muss demnach hier übergangen werden, eben so wie die speciellen chemischen Untersuchungen über ihre wesentlichen und zufälligen Bestandtheile. — Wir dürfen als wahrscheinlich annehmen, dass auch mehrere der übrigen Weltkörper von einem luftartigen Fluidum umgeben sind, da wir Spuren einiger der oben angeführten optischen Wirkungen derselben an ihnen wahrnehmen; von allen aber gilt dies nicht (namentlich nicht von unserm Monde), und noch viel weniger ist anzunehmen, dass gleichsam der ganze Weltraum von luftähnlicher Masse erfüllt sei und diese sich nur in der Nähe eines festen Weltkörpers mehr verdichtet zeige. Ist es gleich, wie wir in der Folge sehen werden, wahrscheinlich, dass die Räume zwischen den Weltkörpern nicht absolut leer, sondern mit einem sogenannten widerstehenden Mittel (Aether) angefüllt sind, so zeigt dieser doch keine einzige der Eigenschaften, welche der Luft und jeder Gasart wesentlich zukommen, und diejenige Atmosphäre, welche wir hier im Allgemeinen beschrieben haben, muss demnach als der Erde eigenthümlich zugehörend angesehen werden.

Vierter Abschnitt.

Das Sonnensystem.

§. 31.

Im frühesten Alterthum, wo alle Wissenschaften nur in ihren ersten und rohesten Uranfängen gegeben waren, konnte an ein System im heutigen Sinne des Worts nicht füglich gedacht werden, wenn dieses Wort eine Darstellung des innern Zusammenhanges und des wahren Grundes der äussern Erscheinungen in der Körperwelt in sich begreift. Denn Meinungen über einzelne Phänomene, und Versuche, diese und jene insolirt stehende Wahrnehmung zu erklären, können keinen Anspruch auf den Namen System machen, selbst dann nicht, wenn hin und wieder bei diesen Versuchen das Rechte getroffen sein sollte. In den verschiedenen philosophischen Schulen Griechenlands erfreute sich überdies die Naturbetrachtung keiner besondern Pflege, und die auf uns gekommenen Aeusserungen der Alten über diejenigen Wahrnehmungen, die sich von selbst Aller Augen darboten und eine Erklärung erheischten, tragen so sehr den Charakter blosser einseitiger Speculation, dass man sich nicht wundern darf, wenn eben so viele gänzlich verschiedene Meinungen als Philosophen bei den Griechen gefunden werden.

Wie indess fast jede später erwiesene und allgemeiner anerkannte Wahrheit in der Vorzeit wo nicht erkannt, doch bereits von Einzelnen dunkel geahnt ward, so auch das wahre Weltsystem. In der pythagoräischen Schule galt nämlich das Feuer für den Mittelpunkt der Welt, auf den sich Alles beziehe. Dies könnte nun allerdings auf die Sonne als Centrum der Bewegungen gedeutet werden, und dem *Nicetas*, *Heraclides*, *Ecphantus* scheint diese oder eine ähnliche Deutung wirklich vorgeschwebt zu haben, während Andre die Sonne ganz bestimmt vom Centralfeuer unterscheiden. Die wichtigste uns aufbehaltene Stelle in dieser Beziehung ist die des *Aristarch* von Samos. „Die Erde,“ sagt er, „dreht sich um ihre Axe und zugleich in einem schiefen Kreise um die Sonne. Dieser Kreis aber verhält sich zur Entfernung der Fixsterne nur wie der Mittelpunkt zur Peripherie, und deshalb können wir die

Bewegung der Erde an den Fixsternen nicht wahrnehmen." Gewiss das Wahrste und Richtigste, was sich überhaupt sagen liess in einem Zeitalter, wo man sich noch gar nicht klar gemacht hatte, was denn eigentlich zu erklären sei. Abgesehen davon, dass der Bewegung der Planeten hier gar nicht erwähnt wird, die doch in ihrem scheinbaren Laufe grade die meisten und schwierigsten Verwickelungen darbieten, so musste auch nothwendig die Vorstellung von einem Kreise, der sich zu einem andern wie das Centrum zur Peripherie verhalte, Anstoss erregen und konnte höchtens nur annähernd wahr sein.

Ueberhaupt aber stand jeder richtigen Vorstellung die allgemein verbreitete Ansicht entgegen, unsre Erde sei gleichsam das Ganze, oder doch der eigentliche Kern der Welt, und die Gestirne, so wie Sonne und Mond, nur ein wenig bedeutender Zubehör derselben, der sich in den höhern Luftregionen aufhalte und bewege. Nur sehr allmählig und nur in einzeln Punkten vermochten die philosophischen Schulen sich von dieser Ansicht loszumachen; allgemeine Volksmeinung blieb sie und ist es bei sehr vielen Völkern bis auf den heutigen Tag geblieben. Sie muss aber gänzlich verschwinden, wenn ein Weltsystem Platz gewinnen soll. Denn die Aufgabe eines solchen ist ja eben, die scheinbaren Bewegungen aller Himmelskörper auf ihre wahren zurückzuführen und diese sodann nach möglichst einfachen und allgemeinen Naturgesetzen folgerichtig zu erklären, wobei die Stellung und Bedeutung, die irgend einem einzelnen Weltkörper, also z. B. der Erde zukommt, durchaus nicht im Voraus gesetzt, sondern erst aus dem vollständig entwickelten Systeme gefolgert werden kann. Diese Aufgabe aber hat keiner der alten Philosophen, auch *Aristarch* nicht ausgenommen, sich gestellt, noch auch, bei dem damaligen Zustande der Wissenschaft sich stellen können.*)

§. 32.

Mit jenem Grundirrthum, welcher Erde und Welt gleichsam identificirte, war die Vorstellung von einer Ruhe der Erde fast nothwendig verbunden: den sinnlichen Schein hatte sie noch überdies für sich und so haben wir uns nicht zu verwundern, dass man diesen Schein für die Wahrheit selbst nahm. Dass alle

*) Wenn also gleich jene angeführte Stelle des *Aristarch* dem *Copernicus* bekannt gewesen wäre — was indess erweislich nicht der Fall war — so würde der Ruhm seiner Entdeckung dadurch nicht im Geringsten geschmälert werden. In der That konnte nur jene starre Einseitigkeit, die ausser den Leistungen des „klassischen Alterthums" nichts Grosses und Vortreffliches anerkennt, dem *Copernicus* eine Palme entreissen wollen, die alle Völker und alle Zeiten, so lange es eine Wissenschaft geben wird, ihm willig zugestehen werden.

Gestirne, und der Himmel als ein Ganzes (primum mobile) sich um die Erde bewegten, scheint bei den grössten Weisen des Alterthums, einem *Plato, Aristoteles,* ja selbst in der Alexandrinischen Schule, gar keinem Zweifel unterworfen gewesen zu sein. Nur dass in der erwähnten Schule, wo zuerst die Beobachtung eine wissenschaftliche Form gewann und nach einem festen Plane angestellt wurde, auch das Bedürfniss eines allgemeinen und umfassenden Systems sich zuerst fühlbar machte; dass man hier zuerst erkannte, wie Forschung allein, nicht philosophische Speculation, den Naturwissenschaften festen Bestand geben und ihren künftigen Fortschritt sichern könnte.

Die grossen Astronomen Alexandriens, *Hipparch* an ihrer Spitze, mussten bald wahrnehmen, dass der Ausweg aus dem Labyrinthe der planetarischen und andrer Himmelsbewegungen so leicht nicht sei; sie stiessen auf Schwierigkeiten, deren Existenz man bis dahin wohl schwerlich geahnt hatte. Dass z. B. Kreisbewegungen, selbst bei Sonne und Mond, nicht ausreichten, kam bald an den Tag: dass die Entfernung und wirkliche Grösse der Gestirne eine ganz andere sei als man früher gemeint, und dass man auf neue, zuverlässigere Mittel bedacht sein müsse, um sie zu erforschen, konnte ebenfalls nicht länger verborgen bleiben. *Hipparch* ist wahrscheinlich der Erste, der die grosse Aufgabe der Astronomie, so weit dies damals möglich war, richtig erkannte und mit einem nie genug zu rühmenden Eifer zu ihrer Lösung schritt. Was die Sternkunde ihm verdankt, ist unschätzbar, doch eine einfache und allen Erscheinungen genügende Erklärung zu finden, getraute er sich nicht.

Sein um 3 Jahrhunderte späterer Nachfolger *Claudius Ptolemäus* hingegen unternahm es, ein System der Bewegungen aufzustellen, bei welchem die obige Grundvorstellung, die Ruhe der Erde zu erklären blieben. Ein allumfassendes primum mobile, eine allgemeine Sphäre, führt Fixsterne, Sonne, Planeten, Mond, Kometen, kurz alles ausser der Erde Vorhandene in 24 Stunden um diese herum. Daneben aber bestehen einzelne Sphären, in welchen die besondern Bewegungen stattfinden. Mond und Sonne laufen in excentrischen Kreisen, jener in 27⅓ Tag, diese in 365¼ Tagen um die Erde, daher ihr bald langsamer bald schneller erscheinender Lauf und ihre veränderliche Grösse. Die Planeten dagegen laufen nicht in Kreisen, sondern in Epicyklen um die Erde, daher ihr scheinbares Vor- und Rückwärtsgehen, so wie ihr zeitweises Stillstehen. Diese Epicyklen mussten so viele Durchschlingungspunkte erhalten, als der Umlauf des Weltkörpers Erdjahre in sich begriff, Jupiter z. B. 12 und Saturn 29 solcher Durchschlingungen.

§. 33.

Da durch dieses verwickelte System gleichwohl noch nicht Alles erklärt werden konnte, da — ganz abgesehen von den Kometen — bei den Planeten selbst die Epicyklen noch nicht ausreichten, so vervielfältigte man sie gleichsam genetisch, man setzte neue Epicyklen an die alten. — Stellt man sich einen Planeten, etwa Jupiter, vor, der sich um die Sonne bewegt, lässt um diesen sich einen Mond, um diesen wieder einen vierten Körper, etwa einen Meteorstein, sich bewegen; setzt man statt der Sonne die Erde, statt des Jupiter und seines Mondes blosse ideale Punkte, und statt des Meteorsteins endlich den Planeten, so hat man ein Bild des Systems, welches das Ptolemäische genannt wird. Die Fixsterne befanden sich alle an der äussersten Sphäre und nahmen nur an der allgemeinen 24 stündigen Bewegung Theil; die Sphaera Lunae war die innerste und ihre Entfernung von der Erde hatte man, nicht ganz ohne Erfolg, zu bestimmen versucht.

Vieler andern unauflöslichen Fragen nicht zu gedenken, so war nicht einzusehen, warum Merkur und Venus, wenn sie um die Erde liefen, sich nie auf der der Sonne entgegengesetzten Seite zeigten; es veranlasste dies eine Modification des Systems, nach welchem diese beiden Planeten nicht unmittelbar, sondern nur als Begleiter der Sonne mit dieser um die Erde sich bewegten und ausserdem noch eine eigne Bewegung um die Sonne hätten (Egyptisches System).

Auf eine Untersuchung der Kräfte, welchen diese Bewegungen zuzuschreiben seien, auf eine Darstellung der Gesetze ihrer Wirkungen, musste hier gänzlich verzichtet werden; diese Erklärung konnte und wollte nicht mehr sein als ein System des Scheines, und gewiss hat der Urheber desselben die Unvollkommenheit lebhaft gefühlt und es wohl für nichts weniger gehalten, als für ein definitiv entschiedenes, bei welchem alle Folgezeiten stehen bleiben müssten.

Was würden jene grossen Alten gesagt haben, wenn sie nach anderthalb Jahrtausenden zurückgekehrt und die Wissenschaft noch auf demselben Punkte gefunden hätten, worauf ihr Genius sie gestellt! Wenn sie statt rüstigen Fortschritts, zu dem sie die Bahnen geebnet, sklavische Nachbeterei gefunden, ja sogar alten Irrthümern, denen sie längst ein Ende gemacht zu haben glaubten — man denke nur an die wieder zur Scheibe gewordene Erde des Mittelalters — aufs Neue hervorgewuchert, begegnet wären!

Dem Geschichtsschreiber bleibe das traurige Geschäft, ein Culturbild dieser Zeiten zu entwerfen und dabei, wenn er es

der Mühe werth findet, auch der im Staube liegenden, durch rohen Aberglauben verunstalteten, fast vergessenen Astronomie zu gedenken. Wir überspringen sie hier, um uns zu dem Manne zu wenden, dem allein unter seinen Zeitgenossen ein *Hipparch* und *Ptolemäus* die Bruderhand gereicht hätten — *Nicolaus Copernicus*.

§. 34.

Sein System ging aus der Ueberzeugung hervor, dass selbst die verwickelsten Epicyklen nie im Stande sein würden, allen beobachteten Bewegungen der Planeten zu entsprechen, und dass allgemeine Naturgesetze nothwendig viel einfacher sein müssten. Er fand die Ruhe der Erde unverträglich mit dieser Einfachheit, und kehrte in dieser Beziehung zur alten pythagoräischen Vorstellung zurück, doch nicht, um dabei stehen zu bleiben. Indem er die Sonne als ruhenden Mittelpunkt setzte, liess er die Planeten, unter denen die Erde die dritte Stelle einnahm, sich um die Sonne in excentrischen Kreisen bewegen, nur der Mond behielt den Lauf bei, den das Ptolemäische System ihm bereits angewiesen hatte . . . . An die Stelle des unerklärlichen primum mobile setzte er eine Bewegung der Erde um ihre Axe (Rotation), so dass diese eine doppelte Bewegung hat, vermöge der einen im Raume fortrückt, vermöge der andern aber innerhalb 24 Stunden jeden ihrer Meridiane den sämmtlichen Meridianen des Himmels entgegenstellt, und dadurch die scheinbare tägliche Bewegung desselben veranlasst. — In diesem System erklären sich, wie wir unten sehen werden, alle Ungleichheiten, Stillstände und Rückgänge ungezwungen und natürlich durch die gleichzeitige Bewegung sowohl unseres Standpunkts als des beobachteten Planeten. — Zu seiner Zeit konnte man von der Rotation der übrigen Weltkörper noch nichts wissen und auch aus *Copernicus* System folgte sie nicht unabweisbar nothwendig; sie ward nur dadurch höchst wahrscheinlich. Dagegen schloss er mit strenger Consequenz aus seinem Systeme, dass Merkur und Venus, vermöge ihrer Bewegung um die Sonne innerhalb des von der Erde beschriebenen Kreises, uns Phasengestalten, ähnlich denen des Mondes, zeigen müssten, wenn ihre grosse Entfernung es erlaubte, sie zu beobachten. — Funfzig Jahre später zeigte das Fernrohr, bald nach seiner Erfindung, uns Merkur und Venus genau in denselben Gestalten, in denen das geistige Auge des grossen Mannes sie prophetisch geschaut hatte.

Nur auf dringendes Zureden seiner Freunde entschloss *Copernicus* sich im hohen Greisenalter, das Werk dem Druck zu übergeben, und erst auf dem Sterbebette, schon der Sprache und vielleicht auch des Bewusstseins beraubt, sah er das erste

Exemplar desselben und nahm es mit unverkennbarer Freude in die Hand — einige Stunden später war er nicht mehr unter den Lebenden.

§. 35.

Dieses System ist das einzig mögliche, die ewige Grundlage aller weitern Fortschritte in der Astronomie, und bei dem gegenwärtigen Zustand derselben ist für den Kenner kein Zweifel mehr denkbar. Alle Einwürfe, welche sowohl *Copernicus* sich selbst, als seine Nachfolger dagegen machten, sind vollständig aufgelöst, gehoben und in eben so viel Beweise des Systems verwandelt — das ächte Kennzeichen der Wahrheit. Es wird nicht undienlich sein, dieser Einwürfe hier in der Kürze zu gedenken, um so mehr, als sie Veranlassung zu einem dritten, einem gleichsam vermittelnden System, gegeben haben, welches *Tycho de Brahe* aufstellte — man weiss nicht recht, ob im Ernste, oder nur um es mit seinen ungläubigen Zeitgenossen nicht gänzlich zu verderben und den *Ptolemäus* so viel als möglich zu retten. Indess bedarf es eines ganz allgemeinen Ueberblicks, um zu zeigen, dass dieses Tychonische System, weit entfernt eine einfache Erklärung zu geben, vielmehr das verwickeltste und sonderbarste von allen, und noch weit weniger als das Ptolemäische zur Darstellung der wirklich wahrgenommenen Bewegungen geeignet ist.

Um die Sonne bewegen sich hier nicht bloss Merkur und Venus, sondern auch alle anderen Planeten, die Erde ausgenommen. Diese steht im Mittelpunkt des Weltalls ruhig, dreht sich auch nicht um ihre Axe, sondern die Sonne bewegt sich in 24 Stunden um sie, bei welcher Bewegung sie Schraubengänge beschreibt, deren Periode ein Jahr ist. Bei diesem Laufe wird die Sonne von allen Planeten begleitet, selbst von denen, welche weiter als die Erde von ihr entfernt sind, und die Bewegung der Planeten ist also aus der der Sonne und ihrer eignen zusammengesetzt. — Für die Fixsterne wusste *Tycho* gleichfalls keinen andern Rath als sie in 24 Stunden um die Erde laufen zu lassen, eben so wie im Ptolemäischen System.

Eine vollständige Entwickelung der Bewegungen nach *Tycho's* System würde ganz geeignet sein, zu zeigen, in welches Chaos von Unbegreiflichkeiten man sich hineinarbeiten muss, wenn man dabei beharrt, *Copernicus* System nicht annehmen zu wollen. Auch verschwand es bereits vor *Kepler's*, seines Zeitgenossen, Entdeckungen, und gegenwärtig hat es überhaupt nur noch historische Wichtigkeit.

§. 36.

Die Einwürfe, welche man dem Copernicanischen System entgegengestellt hat, sind freilich zum grössten Theile von der Art, dass sie in sich selbst zusammenfallen und jeder Erwähnung gänzlich unwerth sind. Andre hingegen gehören nicht in diese Kategorie, und wenn sie auch jetzt alle vollständig gehoben sind, so hatten sie früher mehr oder weniger den Schein für sich und durften nicht unbeachtet bleiben: sie mögen also auch hier dienen, den Gegenstand in sein rechtes Licht zu setzen.

„Die Erde, sagte *Tycho*, ist eine grobe, schwere und zur Bewegung ungeschickte Masse; wie kann nun *Copernicus* einen Stern daraus machen und ihn in den Lüften herumführen?“ Allein sind denn etwa die Sonne und die Planeten, von denen *Tycho* selbst zugeben muss, dass sie zum Theil viel grösser als die Erde sind; sind die Fixsterne, deren Massen — wie wir jetzt mit Bestimmtheit wissen — bei mehreren derselben der Sonnenmasse nahezu gleich kommen oder sie übertreffen, zur Bewegung geschickter, und ist eine millionenmal schnellere Bewegung leichter begreiflich als die einfache Bewegung der Erde um die Sonne und um ihre Axe? Denn wenn letztere in einer Sekunde 1400 Fuss beträgt, so müsste die der Sonne eben so viele Meilen, die der Fixsterne aber mindestens eben so viele Millionen Meilen in einer Sekunde betragen bei der Annahme, dass sie in 24 Stunden um die Erde liefen.

„Wenn man, sagt *Tycho* ferner, von der Höhe eines Thurmes oder Mastbaumes einen Stein herabwirft, so könnte dieser nicht am Fusse desselben niederfallen, wenn die Erde sich inzwischen bewegt hat, sondern er müsste um so viele Fuss westlich niederfallen, als die Erde inzwischen von Westen nach Osten sich um ihre Axe bewegt hat.“

Dieser Einwurf wäre ganz richtig, wenn die Erde erst in dem Augenblick, wo der Stein losgelassen ward, sich um ihre Axe zu bewegen angefangen hätte. Da sie aber fortwährend, vor, während und nachher, in dieser Bewegung begriffen ist, so sind es auch alle zu ihr gehörigen Körper, folglich auch die Hand, welche den Stein hält und dieser selbst. Eine einmal stattfindende Bewegung aber wird dadurch nicht aufgehoben, dass eine zweite hinzutritt, (wie man dies z. B. an jeder Billardkugel sehen kann), sondern beide Bewegungen setzen sich gemeinschaftlich fort, und so muss allerdings der Stein am Fusse des Thurmes niederfallen. Ein direktes Beispiel dieser Art giebt uns ein segelndes Schiff, auf welches man von der Spitze des Mastes irgend Etwas herabwirft. Geht die Bewegung des Schiffes gleichmässig vor sich, so wird auch

gewiss der herabgeworfene Körper am Fusse des Mastes niederfallen. Einen ähnlichen Versuch kann jeder auf einem fahrenden Wagen machen.

Bei genauer Betrachtung zeigt sich sogar, dass das Gegentheil von dem erfolgen muss, was *Tycho* erwartet. Nämlich die Spitze des Thurmes, von welcher der Körper herabfällt, hat im Laufe von 24 Stunden, wegen der grössern Entfernung vom Erdmittelpunkte, offenbar einen grössern Kreis zu beschreiben als der Fuss desselben, und wird sich also schneller bewegen. Diese schnellere Bewegung wird natürlich noch dem Steine im Augenblick des Herabfallens eigen sein, und er wird vermöge derselben nicht westlich, sondern östlich niederfallen, freilich nur um wenige Zoll und Linien, denn der Ueberschuss der Rotationsbewegung für die Thurmspitze kann innerhalb weniger Sekunden nicht bedeutend sein.

Es sind sorgfältige Versuche mit herabfallenden Kugeln im Michaelisthurm zu Hamburg und in den Schlebuscher Kohlenbergwerken von *Benzenberg* angestellt worden, welche deutlich eine östliche Abweichung gezeigt haben und folglich, statt einen Einwurf gegen *Copernicus* zu unterstützen, vielmehr einen direkten und schlagenden Beweis für die Axendrehung der Erde abgeben.

Tycho meinte ferner, die Erde müsse im Copernicanischen System, da die beiden Bewegungen der Rotation und des Umlaufes nach demselben nicht in der gleichen Ebene vor sich gingen, noch eine dritte Bewegung haben, vermöge deren ihre Axe beständig dieselbe Richtung behalte. Allein hier stehen ebenfalls Theorie und Erfahrung direkt entgegen, denn die Axe der Erde bleibt nothwendig unverändert in ihrer uranfänglichen Richtung, so lange keine fremde Kraft sie herauszieht. Man gebe einer Boussole die verschiedensten Stellungen und bewege sie nach allen nur möglichen Richtungen; die Nadel wird dennoch fortwährend nach Norden zeigen. Man lasse einen Kreisel auf einem Tische sich drehen, während man den Tisch aufhebt, fortträgt oder was immer für eine Bewegung mit demselben macht, der Kreisel wird — wofern er nicht etwa herabfällt — fortfahren, sich um seine Spitze in derselben Richtung zu drehen. Eben so die Erdaxe.

Viele konnten ferner nicht begreifen, wie es möglich sei, dass man sich wechselweise unten und oben befinde, ohne um- und endlich gar herabzufallen; und dass man überhaupt von den Bewegungen der Erde nichts wahrnehme. Allein der erste Einwurf fällt weg, wenn man an die Antipoden denkt, die ja auch weder um- noch herabfallen, sondern wie wir die Erde unter ihren Füssen, und den Himmel über ihren Häuptern

haben. In dieser Gleichförmigkeit und Regelmässigkeit der Bewegung aber liegt der Grund, weshalb wir von derselben nichts wahrnehmen, so wenig als wir die Bewegung eines nicht schwankenden und in gleicher Schnelle und Richtung segelnden Schiffes an etwas Anderm, als an den Gegenständen am Ufer, wahrnehmen können. Wäre es möglich, dass die Bewegung der Erde um ihre Axe plötzlich aufhörte, wir würden es augenblicklich nur zu sehr fühlen.

§. 37.

Der wichtigste und bedenklichste Einwurf jedoch, den auch *Copernicus* nicht unterlassen hat sich selbst zu machen, und der nicht sowohl die tägliche Umdrehung, als den jährlichen Lauf der Erde um die Sonne betrifft, war der folgende: Wenn die Erde wechselsweise an verschiedenen Punkten des Weltraumes sich befindet, so muss daraus nicht nur bei den Planeten, wo die Beobachtung es ergiebt, sondern auch bei Fixsternen eine periodische scheinbare Ortsveränderung wahrgenommen werden, von der gleichwohl die Beobachtungen nichts ergeben. Um diesen Einwurf in seiner ganzen Stärke zu übersehen, bedenke man, dass nach den neuesten Bestimmungen die Erde um 23000 ihrer Halbmesser (19850000 Meilen) von der Sonne entfernt sei, sie mithin ihren Ort im Verlauf von 6 Monaten um das Doppelte dieses Abstandes oder um 39700000 Meilen verändert hat, wenn *Copernicus* System das richtige ist. Stände nun z. B. ein Fixstern auch tausendmal weiter als die Sonne von uns ab, so müsste dennoch sein scheinbarer Ort, in Folge dieser Veränderung, um 7 Bogen-Minuten innerhalb 6 Monaten sich geändert haben, gleichwohl konnte man eine solche oder selbst eine noch viel schwächere Parallaxe der Fixsterne durchaus nicht wahrnehmen. Es blieb *Copernicus* nichts übrig als anzunehmen, dass alle Fixsterne, selbst die uns am nächsten stehenden, noch viel weiter entfernt seien, so dass man die Ortsveränderung nicht wahrnehmen könne, und nicht nur die Erde sondern selbst die Erdbahn — nach *Aristarchs* Vorstellung — nur wie ein Punkt gegen die Entfernung der Fixsterne anzusehen sei. Eine solche Entfernung aber annehmen, das hiesse dem Stolze des Erdbewohners, der sich und seinen Planeten für den Hauptzweck, ja für das wichtigste der ganzen Schöpfung anzusehen sich gewöhnt hatte, eine noch viel tiefere Wunde schlagen, als die Erhebung der übrigen Planeten zu gleichem Range und Bedeutung mit der Erde ihm bereits geschlagen hatte.

Wenn daher die Bemühungen der Astronomen, seit *Copernicus*, unablässig und eifrig auf die Entdeckung einer solchen

Parallaxe gerichtet waren, so lag hauptsächlich der Wunsch zum Grunde, auch diesen letzten Einwurf direkt zu heben, und einen von aller übrigen Theorie, ja selbst vom Gesetz der Schwere unabhängigen Beweis für die Bewegungen der Erde aufzustellen. Gleichwohl ist dies erst in den allerneuesten Zeiten in dem Masse gelungen, dass die herausgebrachten Parallaxen als bestimmte (wenn gleich wie alle durch Beobachtung ermittelten Werthe zwischen gewissen Grenzen schwankende) Grössen betrachtet werden können. Im Abschnitt von den Fixsternen wird hierüber das Nähere gesagt werden: hier genüge die Bemerkung, dass *Bessel* an dem Fixsterne 61 Cygni, *Struve* an *a* Lyrae, *Henderson* und *Maclear* an *a* Centauri und *Peters* am Polarstern, auf's entschiedenste eine wirkliche jährliche Parallaxe beobachtet haben, und folglich auch die Bewegung der Erde ohne Zuziehung irgend einer Theorie unmittelbar dadurch dargethan worden ist.

Gewiss kann die Richtigkeit eines Systems nicht glänzender sich bewähren, als wenn es nicht nur die seinem Urheber schon bekannten, sondern auch alle durch spätere Forschung sich ergebenden Thatsachen ungezwungen erklärt. Keine einzige der wichtigen Entdeckungen nach *Copernicus* wurde gemacht, die nicht eine neue, vorher noch von Niemand geahnte, Bestätigung desselben abgab. Die Aberration des Lichtes, die grössere Länge des Sekundenpendels am Pole, die Abplattung der Erde, die Rotationen aller anderen Weltkörper, die wir genau beobachten können, die aus dem Gesetz der Schwere folgende Allgemeinheit der Bewegungen und hundert andre Thatsachen sind sämmtlich vollgültige und unwiderlegliche Beweise, die *Copernicus* zu seiner Zeit nicht zu Gebot standen, und die gleichwohl nur durch sein System ihre befriedigende Erklärung finden. In neuern Zeiten ist zu den übrigen zahlreichen Beweisen noch einer hinzugekommen: die von *Foucault* nachgewiesene Drehung der Schwingungsebene eines Pendels, der in geeigneter Weise aufgehängt ist. — Auf Gegner jedoch, in deren vorgefasster Meinung alle diese Beweise nichts gelten und die dem Astronomen gradezu das Recht absprechen in solchen Fragen zu entscheiden, kann ich, aus Achtung vor meinen Lesern, hier keine Rücksicht nehmen.

§. 38.

Indess sollte und konnte das Copernicanische System nicht mehr sein, als eine einfache und der Natur entsprechende Darstellung der wirklichen Bewegungen zur befriedigenden Erklärung der scheinbaren; auf die Ursachen dieser Bewegungen, auf die wirksamen Kräfte, liess es sich keinesweges

ein und eben so verzichtete es auf eine genauere Bestimmung der Gestalt der Bahnen, welche erst spätere Zeiten geben konnten, da die beobachtende Astronomie der Abendländer zu *Copernicus* Zeiten sich noch in ihrer ersten Kindheit befand. So geschah es, das *Kepler* an die Stelle des excentrischen Kreises und der von *Copernicus* noch theilweise beibehaltenen Epicyklen später die Ellipse setzen und die Gesetze der Bewegung, so wie die Relation zwischen Entfernung und Umlaufszeit, festsetzen konnte; dass *Dörfel* auch den Kometen ihre Stelle im System anwies, und dass endlich *Newton* der wichtige Schritt gelang, zu den Kräften selbst und dem einfachen Gesetz ihrer Wirkungen zu gelangen. Doch alle diese glänzenden Entdeckungen wurden nur möglich durch die sichere Grundlage, welche *Copernicus* gelegt hatte; sie konnten nicht hervorgehen aus Systemen, welche am Scheine klebend oder hergebrachte alte Vorurtheile festhaltend, den Bedürfnissen des forschenden Geistes nicht genügten; sie sind unverträglich mit jedem andern als dem Copernicanischen, welches überhaupt mit der ganzen Astronomie steht und fällt und ohne welches wir auf jede Erklärung, wie auf jede wissenschaftlich begründete Vorherbestimmung, gänzlich verzichten müssen.

§. 39.

(Fig. 15.) Um nach dem erwähnten Systeme den scheinbaren Lauf eines untern Planeten zu erklären, so sei der kleinere Kreis die Bahn der Venus, der grössere die der Erde, und in *S* stehe die Sonne; beide Planeten bewegen sich nach der Richtung wie die gezeichneten Pfeile zeigen. Sie sind in halbe Monate getheilt, so dass die Erdbahn 24 Theile, die Venusbahn dagegen 15 hat (der Umlauf der Venus beträgt genauer 224 Tage). Am 1. Januar stehe die Erde in dem mit diesem Datum bezeichneten Punkte, Venus in 1, so erscheint sie links (östlich) von der Sonne. Letztere muss, wenn die Erde fortrückt, stets östlich zu rücken scheinen, Venus ebenfalls, wenn sie still stände. Sie ist aber am 1. Februar bis zu dem Punkte 3 fortgerückt und die Richtung von der Erde zur Venus geht zwar noch immer links von der Sonne vorbei, doch schon weniger als am 1. Januar. Am 15. Februar steht Venus in 4, die Richtung von der Erde zur Venus ist fast dieselbe wie am 1. Februar, sie ist also scheinbar im Stillstande begriffen. Am 1. März ist die Richtung weiter rechts (westlich) als am 15. Februar, Venus erscheint also rückläufig, und bleibt es bis zum 15. März, wo sie etwa die Richtung wie am 1. Januar hat. Inzwischen hat sie am 1. März in derselben Richtung gestanden, welche verlängert

auf die Sonne traf, und sie erscheint von jetzt an rechts von der Sonne. Vom 15. März bis 1. April ist wieder beiläufig Stillstand, weiterhin weichen die Richtungen wieder nach links ab und Venus ist also nun wieder rechtläufig, was sie auch, wie man aus der Figur sieht, nun eine geraume Zeit hindurch bleibt*), Am 1. Januar des neuen Jahres geht die Richtung zur Venus abermals durch die Sonne, wie am 1. März, aber Venus steht jetzt hinter derselben. Von jetzt ab wird sie wieder links von der Sonne gesehen werden, und dies beiläufig eben so lange stattfinden, als vorher die Stellung auf der rechten Seite der Sonne. Steht Venus links von der Sonne, so geht sie später auf und unter als diese, sie ist also nach Sonnenuntergang sichtbar und heisst Abendstern (Hesperus). Steht sie rechts von ihr, so geht sie früher auf und unter, wird vor Sonnenaufgang gesehen und heisst Morgenstern (Lucifer). Der Winkel Sonne Erde Venus (*SEV*) heisst der Elongrationswinkel, er ist am grössten, wenn gleichzeitig der Winkel *SVE* ein rechter ist. Die Lage, welche in unsrer Figur dem 1. März angehört (die gerade Linie *EVS*) bezeichnet man als untere Conjunction, die gerade Linie *ESV* dagegen als obere Conjunction. In beiden Conjunctionen ist Venus unsichtbar. Die westlichen Elongationen finden statt, wenn Venus auf dem Wege von der untern Conjunction zur obern sich befindet, die östlichen dagegen, während sie von der obern nach der untern fortrückt.

§. 40.

In gleicher Art erklären sich auch die wechselnden Lichtgestalten und die veränderliche Grösse der Venus. Wir sehen einen Weltkörper voll erleuchtet, wenn wir ihn aus derselben Richtung her betrachten, von welcher ihn die Sonne bescheint. Wir haben seine ganze dunkle Seite vor uns, wenn er in gerader Linie zwischen uns und der Sonne steht. In allen andern Fällen aber sehen wir einen grössern oder geringern Theil der Scheibe erleuchtet, während das Uebrige in Nacht liegt und uns also in der Regel unsichtbar ist. —

(Fig. 16.) Es sei der äussere Kreis die Erd-, der innere die Venusbahn, so wird die in *E* stehende Erde, wenn Venus in V^1 (untere Conjunctión) steht, ihre Nachtseite vor sich haben, folglich nichts von ihr sehen. Steht sie in V^2 (Morgenstern), so erblickt die Erde die Hälfte der erleuchteten und

*) Man nennt diejenige Bewegung rechtläufig, welche der Planet während des grössten Theils seines Umlaufs für uns beibehält, rückläufig die entgegengesetzte. Die rechtläufige Bewegung geht also von rechts nach links, die rückläufige von links nach rechts.

die Hälfte der dunklen Seite, Venus erscheint also wie der Mond in seinem letzten Viertel. Steht sie in V^3 (obere Conjunction), so haben wir die volle Tagseite vor uns und würden Venus völlig rund erblicken, wenn es möglich wäre, so nahe an der Sonne vorüber irgend einen Himmelskörper zu sehen. In der Lage V^4 endlich (Abendstern) zeigt sich Venus abermals halb erleuchtet, und zwar so wie der Mond im ersten Viertel. — Zwischen V^2 und V^3, so wie zwischen V^3 und V^4 ist Venus mehr als halb, auf dem übrigen Theile des Weges hingegen weniger als halb erleuchtet, und in der Nähe von V^1, so weit sie noch überhaupt gesehen werden kann, sichelförmig.

Zugleich steht Venus in V^1 der Erde am nächsten, in V^3 am entferntesten; sie muss also dort den grössten, hier den kleinsten scheinbaren Durchmesser haben, und zwar muss der Durchmesser abnehmen, je mehr die Lichtgestalt zunimmt, und umgekehrt. Auch ist leicht ersichtlich, dass Venus nie um Mitternacht (sehr hohe Breiten auf unsrer Erde können eine Ausnahme machen) gesehen werden kann, und dass sie nie Morgen- und Abendstern zugleich ist. Deshalb hielt man im frühesten Alterthume Lucifer und Hesperus für zwei verschiedene Sterne.

Das hier beispielsweise von der Venus Angeführte gilt auch, den Hauptmomenten nach, für Merkur, und würde für jeden andern unteren Planeten gelten, wenn es deren noch mehr gäbe. Eben so ist einleuchtend, dass die oben angesetzten Monate und Tage nur beispielweise zu verstehen sind, und der Kürze wegen gewählt wurden.

§. 41.

Den scheinbaren Lauf der Sonne betreffend, so sieht man leicht, dass, wenn man die 24stündige Bewegung einer Rotation der Erde um ihre Axe zuschreibt, nur eine von W. nach O. fortschreitende der Sonne übrig bleibt, welche eben so gut durch eine jährliche Bewegung der Erde um die ruhende Sonne, als umgekehrt, erklärt werden kann. Man kannte schon den Umstand, dass die Sonne im Winter (der Nordhalbkugel) grösser erscheine als im Sommer, woraus eine veränderliche Entfernung beider Körper und folglich eine excentrische Bahn nothwendig folgte; die Annahme eines excentrischen Kreises konnte damals noch nicht direkt durch Beobachtungen berichtigt werden, denn die Ellipsen, in denen die Planeten (und namentlich die Erde) wirklich um die Sonne laufen, sind von einem excentrischen Kreise ungemein wenig verschieden.

Eine Folge der beiden Bewegungen der Erde ist auch der Unterschied zwischen Sonnentag und Sterntag.

(Figur 17.) Sei die Sonne in *S*, und *TT'* der Theil der Erdbahn, den die Erde in einem Tage durchläuft. Steht sie in *T*, so ist *a* ein Punkt des Erdumfanges, der die Sonne im Mittag hat. Wenn er während des Fortrückens der Erde wieder in die der vorigen parallele Lage *T' a'* gekommen ist, so hat die Erde eine Umdrehung um ihre Axe vollendet, alle ihre Theile haben wieder dieselbe Lage gegen den Himmel wie in *T*, und alle Gestirne, die so weit abstehen, dass der Bogen *TT'* für sie unmerklich ist (also namentlich alle Fixsterne) werden wieder nach denselben Richtungen wie von *T* aus gesehen: es ist also ein Sterntag verflossen. Allein die von der Erdbahn umschlossene Sonne wird von *a'* aus nicht im Meridian gesehen, der Punkt muss vielmehr, ausser der bereits vollendeten Rotation, noch den Bogen *a'b* zurücklegen. Der Sonnentag (die Zeit von einem Meridiandurchgange zum andern) ist also länger als der Sterntag, und zwar um die Zeit, in welcher der Bogen *a'b* von der rotirenden Erde zurückgelegt wird. Diese Zeit sei *z*, die wahre Umdrehungszeit der Erde *r*, so ist *r* zugleich die Länge des Sterntages, $r + z$ aber die des Sonnentages. Theilt man letztern in 24 Stunden, so kommen auf erstern nur $23^h\ 56'\ 4'',09$, wird dagegen der Sterntag in 24 Stunden getheilt, so hat der Sonnentag $24^h\ 3'\ 56'',56$. Eine Pendeluhr, welche nach Sternzeit geht, muss also etwas (um $^1/_{365}$ des Ganzen) schneller schlagen, als eine nach Sonnenzeit gehende.

§. 42.

Wäre der Bogen *ab* stets für gleiche Zeiträume von gleicher Grösse, so würde (da die Umdrehungszeit vollkommen constant ist) auch $r + z$, die Länge des Sonnentages, in allen Jahreszeiten gleich sein. Allein man sieht leicht, dass *ab* grösser werden muss, wenn *TT'* grösser wird, da der Winkel an *T'* dem an S gleich ist. Bewegt sich also die Erde zu einer Zeit schneller in ihrer Bahn, als zu einer andern, so wird auch *z* und folglich $r + z$ sich verändern. Hierzu kommt noch, dass der Bogen *ab* ein Bogen des Aequators ist, die Erde aber sich in der Ekliptik um die Sonne bewegt. Wenn man aber Bogentheile eines grössten Kreises auf einen andern grössten Kreis (durch Normalen, die man auf letztern fällt) reducirt, so wird man nicht immer die gleiche Zahl von Graden in letzterm erhalten, sondern bald mehr (in den grössten Abständen beider Kreise) bald weniger (in ihren Durchschnittspunkten), was man auf einem Globus, wo Aequator und Ekliptik

verzeichnet und in Grade getheilt sind, leicht darthun kann. Aus beiden Gründen ist demnach z und mithin die Länge des Sonnentages veränderlich, und so unterscheidet man noch die wahre und mittlere Sonnenzeit*). Erstere ist die Zeit von einer Culmination der Sonne bis zur andern und also, wie wir oben gesehen haben, nicht durchaus gleichförmig; der wahre Sonnentag kann bis 30 Sekunden über oder unter 24 Stunden haben. Der mittlere Sonnentag hingegen ist die durchschnittliche Grösse aus sämmtlichen wahren Sonnentagen des Jahrs. Diese mittlere Zeit ist der wahren zuweilen voraus, zuweilen hinter ihr zurück und die Sonne culminirt nach ihr bald später bald früher als um 12 Uhr; sie ist aber durchaus gleichförmig, und jede richtig gehende Taschen- oder Pendel-Uhr, sofern sie überhaupt auf Sonnenzeit gestellt ist, zeigt diese gleichförmige mittlere Zeit, wogegen Sonnenuhren ihrer Natur nach nur die sogenannte wahre zeigen können. Der Unterschied zwischen der wahren und mittlern Sonnenzeit heisst die Zeitgleichung; sie kann im Februar und November bis über 16 Minuten gehen, und muss an die Angaben der Sonnenuhren angebracht werden, um sie mit solchen zu vergleichen, welche mittlere Zeit zeigen.

In frühern Jahrhunderten rechnete man allgemein nach wahrer Sonnenzeit, da die künstlichen Werkzeuge, mit denen wir jetzt die Zeit messen, noch nicht vorhanden oder zu unvollkommen waren, und man deshalb mit Recht die Sonnenuhr vorzog. Seitdem aber die künstlichen Zeitmesser zu einer so grossen Vollkommenheit gebracht worden sind, können die höchstens Minuten angebenden Sonnenuhren mit ihnen nicht mehr concurriren, und deshalb wurde im Laufe des vorigen Jahrhunderts nach und nach in den meisten Städten Europa's die mittlere Zeit als Richtschnur der bürgerlichen Geschäfte eingeführt.

Die Sichtbarkeit der Fixsterne nach den verschiedenen Jahreszeiten der Erde erklärt sich hieraus auf folgende Weise: Da man des starken Glanzes der Sonne wegen mit freiem Auge am Tage die Fixsterne nicht sieht, so sind jederzeit nur diejenigen sichtbar, denen die Nachtseite der Erde zugewandt ist, während die, welche in gleicher oder doch nahe gleicher Richtung mit der Sonne stehen, für diese Zeit unsichtbar sind. Die Nachtseite der Erde aber ist im Laufe eines Jahres nach und nach

*) Eigentlich kommt noch eine dritte Ursache hinzu: ist nämlich die Sonne entfernter, so braucht das Licht auch mehr Zeit, um von ihr zu uns zu gelangen, wodurch sich alle Erscheinungen derselben und folglich auch die Culmination verspäten: doch ist der hieraus hervorgehende Unterschied sehr wenig erheblich.

allen Richtungen zugewendet und alle Fixsterne, welche nicht ganz unter dem Horizont eines Ortes bleiben, müssen also innerhalb 12 Monaten nach und nach gesehen werden. Noch näher stellt sich dieses allmähliche Sichtbarwerden andrer Fixsterne durch folgende Betrachtung heraus: Der Sterntag, also die Zeit von der Culmination irgend eines Fixsterns bis zur nächstfolgenden, ist nach dem Obigen etwa 4 Minuten kürzer, als der Sonnentag, d. h. als die Zeit von Mitternacht zu Mitternacht. Es culminire nun z. B. ein Fixstern am 1. Januar um Mitternacht (was gerade für den hellsten derselben, Sirius fast ganz genau der Fall ist), so muss er nach 23 St. 56 Min. d. h. um 11 Uhr 56 Min. der nächsten Nacht abermals culminiren, und so in jeder folgenden um 4 Minuten früher. Nach Verlauf eines Monats wird er um 10 Uhr, am 1. März um 8 Uhr u. s. w. culminiren, und sein Auf- und Untergang wird sich um eben so viel verfrühen, so dass schon im Laufe des März seine Culmination und einige Monate später auch sein Untergang in den Tag selbst fällt, er folglich nicht mehr gesehen wird. — Inzwischen sind andre Sterne, die am 1. Januar in spätern Stunden durch den Meridian gingen, nach und nach ebenfalls früher heraufgekommen, und so sind nun an die Stelle der im Sonnenschein verschwundenen andre wieder sichtbar geworden, und man sieht leicht, dass dieser Cyclus genau die Periode eines Jahres haben, und innerhalb desselben alle einem bestimmten Orte überhaupt sichtbaren Fixsterne zu irgend einer Zeit um Mitternacht durch den Meridian gegangen sein, also in Opposition mit der Sonne gestanden haben müssen. — Dass dieser Cyclus wirklich vollständig stattfinde, lehrt übrigens auch die Erfahrung direkt, denn ein hinreichend lichtstarkes Fernrohr zeigt auch noch die am Tage stattfindenden Culminationen der hellern Sterne, und so kann man z. B. den Sirius am 1. Juli Mittags um 12 durch den Meridian gehen sehen, am 1. August um 10 Uhr Vormittags u. s. w., bis er wieder am 1. October um 6 Uhr Morgens, also vor Aufgang der Sonne, den Meridian passirt.

§. 43.

Die Erscheinungen, welche die obern Planeten uns darbieten, erklären sich auf ähnliche Weise.

(Fig. 18.) Sei die Erde in *E*, Jupiter in *J*, die Sonne in *S*, so steht Jupiter in Conjunction mit der Sonne, d. h. er wird von der Erde aus derselben Richtung wie diese gesehen. Einen Monat später sind Jupiter und die Erde in die Punkte 1 gerückt, und ersterer erscheint uns rechts von der Sonne, wird mithin in den Morgenstunden gesehen. Verbindet man die Punkte 2, 3

u. s. w. der Erd- und Jupitersbahn, so zeigt sich, da[illegible] immer weiter rechts von der Sonne zu stehen kommt. [illegible] auf feste Punkte des Fixsternhimmels ist er indess östlich gerückt, denn bis zu der Linie 4—4 hin liegt jede folgende weiter links als die vorhergehende. Dagegen ist 5—5 schon parallel mit 4—4, zwischen beiden ist also scheinbarer Stillstand des Planeten, und von hier ab bis zur Linie 9—9, also reichlich 4 Monate hindurch, liegt jede folgende Richtung weiter rechts (westlich), der Planet ist also in diesem Theile seiner Bahn für den Anblick von der Erde aus rückläufig.

In der Mitte dieser Periode des Rücklaufes, etwa auf der zwischen 6 und 7 zu ziehenden Linie, steht der Planet der Sonne gerade gegenüber, er wird also um Mitternacht, im Meridian gesehen und steht, wenn nicht die Breite des Gestirns eine Aenderung veranlasst, die Nacht hindurch am Himmel: man nennt diese Lage Opposition. — Jenseits 9—9 wird der Planet wieder rechtläufig, denn jede folgende Linie liegt weiter nach links, und in 13 angekommen, steht Jupiter wieder, wie in der anfänglichen Lage, hinter der Sonne.

Machen Planet und Sonne an der Erde einen rechten Winkel, so nennt man diese Lage die Quadratur, und zwar je nach der Stellung des erstern die östliche oder die westliche. Um die Quadratur herum können auch die obern Planeten uns einen kleinen Theil ihrer dunkeln Halbkugel zuwenden; doch ist nur bei dem nächsten derselben, dem Mars, dies noch bemerkbar. Zugleich sieht man, dass jeder obere Planet in der Opposition der Erde am nächsten steht, in der Conjunction aber um den ganzen Durchmesser der Erdbahn weiter von ihr entfernt ist.

Bezeichnet man einen obern Planeten durch P, einen untern durch p, ferner durch S und E Sonne und Erde, so kann man sich folgendes Schema entwerfen:

Lage.	Benennung.	Bezeichnung.
PES	Oppositon	☍
PSE	Conjunction	☌
E *P S*	westliche Quadratur	□
P S *E*	östliche Quadratur	
EpS	untere Conjunction	☌
ESp	obere Conjunction	☌

Lage.	Benennung.	Bezeichnung.
p		
E S	östliche Elongation	—
E S	westliche Elongation	—
p		

§. 44.

Der Ort, welchen ein Himmelskörper von der Sonne aus gesehen am Firmament einnimmt, und der für uns nur aus Berechnungen geschlossen werden kann, heisst sein *heliocentrischer Ort*, und er ist für die um die Sonne laufenden Körper zugleich der wahre. Derjenige aber, den sie von der Erde aus gesehen einnehmen, heisst der *geocentrische*, und so kann man jeden Himmelskörper in Gedanken zum Standpunkte der Betrachtung machen, wodurch man *selenocentrische*, *jovicentrische* u. a. Oerter der Weltkörper erhält. — Die Zeit, innerhalb welcher die um die Sonne laufenden Körper zu ihrem vorigen heliocentrischen Orte zurückkehren, nennt man den *periodischen Umlauf*, oder noch genauer den *siderischen*, um ihn vom *tropischen* (wovon nachher) zu unterscheiden. Diejenige Zeit aber, innerhalb deren der Planet wieder zu derselben *Stellung* gegen *Erde* und *Sonne* zurückkehrt, also z. B. die Zeit von einer Opposition zur nächstfolgenden, heisst eine *synodische* Umlaufszeit, und diese letztere ist das direkte Resultat der Beobachtungen, während die periodische aus der synodischen, mit Zuziehung der bekannten Dauer des Erdjahres, berechnet wird. Auch auf den Mond der Erde, sowie auf die Mondsysteme der Planeten, finden diese Benennungen Anwendung. — Die hauptsächlichste praktische Aufgabe der Astronomie besteht nur darin, zuerst aus den beobachteten *geocentrischen* Oertern eines Himmelskörpers die Bestimmungsstücke (*Elemente*) seiner Bahn zu finden. Aus diesen Elementen lassen sich sodann für irgend eine verlangte Zeit seine *heliocentrischen* Oerter ableiten; und da man auf ähnliche Weise auch die gegenseitige Lage der Erde und Sonne für diesselbe Zeit erhält, so kann man endlich aus beiden den *geocentrischen* Ort des Himmelskörpers finden, folglich seine Erscheinungen vorausbestimmen.

(Fig. 19.) Sei in *S* die Sonne, *E* ein Punkt der Erdbahn, *P* ein Punkt in der Bahn eines Planeten, und man habe aus den Elementen der Planetenbahn gefunden, dass zu einer gegebenen Zeit *t* der Planet von der Sonne aus gesehen die Richtung *SP* haben werde, so wie aus den Elementen der Erdbahn, dass zu gleicher Zeit *SE* die Richtung sein werde, in welcher die Sonne die Erde erblickt, ferner sei die Grösse der

beiden Linien *SP* und *EP*, oder doch ihr Verhältniss zu einander, aus denselben Elementen bekannt; so hat man im Dreieck *ESP*

die Seite *SE*,
die Seite *SP*,
den Winkel *ESP*,

woraus man nach bekannten trigonometrischen Regeln die Entfernung *EP*, so wie die Richtung dieser Linie ableiten kann. So einfach wie hier stellt sich die Aufgabe allerdings in der Wirklichkeit nicht, denn wir haben hier stillschweigend beide Körper, die Erde und den Planeten, als in derselben Ebene sich bewegend angenommen; dies ist aber bei keinem der uns bekannten Weltkörper der Fall und man wird also nicht mit der Auflösung eines einfachen Dreiecks ausreichen, sondern die Neigung der beiden Bahnen und den Ort ihres gemeinschaftlichen Knotens in Betracht zu ziehen haben.

§. 45.

Es ist bereits erwähnt worden, dass das Copernicanische System nicht blos dasjenige, was zur Zeit seines Urhebers als Aufgabe vorlag, einfach und vollständig erklärte, sondern dass auch alle später gemachten Wahrnehmungen und Entdeckungen, von denen man damals noch nichts ahnte noch ahnen konnte, sich eben so ungezwungen und folgerecht aus ihm darstellen liessen. Dies ist namentlich der Fall mit den Kometen, die man zu *Copernicus* Zeit noch kaum für Weltkörper hielt, sondern häufig für blosse Lufterscheinungen ansah. Nachdem gegen Ende des 17. Jahrhunderts die Gestalt der Kometenbahnen zuerst richtig erkannt war, zeigte sich auch sogleich, dass dieselben Gesetze der Bewegung auch für sie stattfanden, und dasselbe System, welches den scheinbaren Lauf der Planeten so glücklich erklärt hatte, sich auch für diese Himmelskörper als nothwendig herausstellte.

Es wird also zweckmässig sein, in diesem und in den folgenden Abschnitten von andern als dem Copernicanischen System keine Notiz mehr zu nehmen, da es genügen muss, den Irrthum als solchen einfach widerlegt zu haben. Bei allen nachfolgenden Entwickelungen wird demnach die Bewegung der Erde um die Sonne und gleichzeitig um ihre Axe als erwiesen vorausgesetzt und angewandt werden. Uebrigens wird Jeder, der den Zustand der heutigen Wissenschaft in's Auge fasst, und im Allgemeinen mit den an sie gestellten Forderungen bekannt ist, leicht einsehen, dass ein Astronom der Gegenwart auf kein andres System, und wäre es auch nur versuchsweise, eingehen kann.

§. 46.

Die Bahn des Mondes um die Erde, und mit dieser zu-

die Sonne, bietet uns merkwürdige, obgleich allbe- ...rscheinungen, die wir unter zwei Rubriken: Phasen und Finsternisse, zusammenfassen wollen.

Wir wollen zuerst die Bahn des Mondes isolirt betrachten und von der gleichzeitigen Bewegung der Erde ganz absehen. (Fig. 20.) Es sei die Sonne in S, die Erde in *T*, so dass (da die Rotation der Erde von *a* durch *b* nach *c* herum erfolgt) *a* die Abend-, *b* die Mitternachts- und *c* die Morgenseite der Erde ist, und auf der andern Seite von *c* durch *d* nach *a* herum Tag stattfindet. Die Bahn 1 2 3 4 sei die Mondbahn, so wird die Erde den Mond in 1 gar nicht erblicken; da er ihr nur seine dunkle Seite zuwendet. Er würde übrigens, auch wenn er unter diesen Umständen wahrgenommen werden könnte, doch nur von Morgen bis Abend gesehen werden, wie die Figur zeigt. Ist er bis 2 herumgerückt, so sieht man ihn auf der Erde von *d* bis *b* herum, d. h. von Mittag bis Mitternacht, folglich am besten Abends. Er wendet uns die Hälfte seiner hellen Seite zu; letztere erscheint rechts und der Mond hat also diese Gestalt D. Von der Erde aus gesehen, erscheint er links von der Sonne, also am westlichen Himmel, wenn die Sonne untergegangen ist. — Rückt er bis 3, so wird er auf der Erde von *a* durch *b* bis *c* herum, d. h. die ganze Nacht hindurch wahrgenommen, um Mitternacht am besten. Zugleich wendet er uns seine volle Tagseite zu. Rückt er bis auf 4, so wird er von *b* bis *p* herum, also von Mitternacht bis zum Mittag gesehen. Er erscheint rechts, also westlich von der Sonne, vor ihrem Aufgange am Osthimmel, wendet uns eine Hälfte seiner erleuchteten und eine Hälfte seiner dunklen Seite zu und bildet diese Figur ◖. Rückt er endlich wieder in die Lage 1, so ist sein Umlauf vollendet und die Folge der Erscheinungen beginnt von neuem.

Die Lage 1 heisst der Neumond, 2 die erste Quadratur (erstes Viertel), 3 der Vollmond, 4 die letzte Quadratur (letztes Viertel). 1 und 3 heissen auch zusammen die Syzygien. — Zwischen den hier angenommenen 4 Hauptlagen bildet er Uebergangsfiguren, z. B. zwischen 1 und 2, so wie zwischen 4 und 1 eine mehr oder minder schmale Sichel, und eben so rücken die Zeiten seiner Sichtbarkeit allmählig weiter vor, täglich um etwa 50 Minuten im Durchscnitt.

Auch der unerleuchtete Theil des Mondes kann unter günstigen Umständen einigermassen sichtbar werden, In der Lage *m* wird, wie man sieht, nur ein geringer Theil der erleuchteten Hälfte als schmale Sichel wahrgenommen, das Uebrige aber, da fast die volle Tagseite der Erde ihm gegenüber steht, wird von dieser erleuchtet, und so schwach auch diese Lichtspendung,

verglichen mit der, welche Mond und Erde der Sonne unmittelbar verdanken, immerhin sein mag, so ist sie doch, wie die Erfahrung lehrt, hinreichend, auch diesen dunklen Theil in einem matten, aschfarbenen, jedoch vom Himmelsgrunde noch deutlich zu unterscheidenden Lichte wahrzunehmen. Aehnliches findet auf der entgegengesetzten Seite zwischen 4 und 1 statt, und im Fernrohr nimmt man die Spuren dieses Erdenlichts noch länger, selbst noch über die erste Quadratur hinaus, deutlich wahr.

Dadurch, dass die Erde gleichzeitig in ihrer Bahn um die Sonne, vom Monde begleitet, fortrückt, erleidet die Art und Aufeinanderfolge der Erscheinungen im Wesentlichen keine Veränderung und nur die Periode derselben wird etwas verlängert, aus einem ähnlichen Grunde wie der Sonnentag im Vergleich zum Sterntage. —

(Fig. 21.) Sei abermals *S* die Sonne, *T* die Erde, und der Mond stehe als Neumond in *a*. Während die Erde von *T* nach *T'* rückt, sei der mit ihr fortrückende Mond auf seiner Bahn um die Erde von *a* herum bis *a'* gekommen, und es wird, da die Richtung *T' a'* parallel der *T a* ist, der Mond einen wahren vollen Umlauf in Bezug auf einen festen Punkt des Himmels zurückgelegt haben, allein der Neumond tritt in dieser Lage noch nicht ein, da die Richtung zur Sonne jetzt verändert ist. Der Mond muss vielmehr noch das Stück *a' b* über seinen vollen Lauf zurücklegen, um wieder in die gerade Linie zwischen Erde und Sonne zu rücken, in welcher er sich in *a* befand. Sei *t* die Zeit, welche der Mond anwendet, um von *a* nach *a'* herumzurücken, *v* hingegen die, in welcher er das Stück *a' b* zurücklegt, so ist *t* sein wahrer (periodischer oder vielmehr siderischer) Umlauf, $t + v$ hingegen sein synodischer in Bezug auf die Sonne, der etwa 53 Stunden länger als jener ist. Wird die Bewegung der Erde rascher, so wird auch während eines Mondumlaufes der Winkel an *S*, und folglich der ihm gleiche an *T'* grösser, das Stück *a' b* und mit ihm die Zeit *v*, folglich auch $t + v$, nehmen zu und der synodische Umlauf wird länger. Aus diesem Grunde können die Zwischenzeiten von einem Neumond zum andern im Januar 6 bis 8 Stunden länger sein als im Juli.

§. 47.

(Fig. 22.) Bewegte sich der Mond in derselben Ebene, in welcher sich die Erde um die Sonne bewegt, und die wir uns hier als die Ebene des Papiers vorstellen können, so würde, da sowohl die Erde als der Mond einen von der Sonne abgewendeten Schatten hinter sich werfen, jeder Vollmond in diesen Schatten rücken und jeder Neumond den seinigen auf die Erde

(nämlich auf irgend einen Theil derselben) werfen müssen, d. h. es würde bei jedem Vollmonde, oder richtiger statt desselben, eine Mondfinsterniss, und bei jedem Neumonde eine Erdfinsterniss (Sonnenfinsterniss) eintreten müssen. Man denke sich aber die Mondbahn schräg gegen die Erdbahn gestellt, so dass in der Figur eine Hälfte der Bahn (etwa der Bogen KVK') sich über die Fläche des Papiers erhebt, die andre Hälfte hingegen sich unter diese herabsenkt, so sieht man leicht, dass der volle Mond gar wohl nördlich (über) oder südlich (unter) dem Schatten hinwegrücken und so unverfinstert bleiben kann, und dass eben sowohl auch der Neumond seinen Schatten über den Nordpol oder den Südpol der Erde hinwegwerfen kann, ohne dass er diese berühre. Die eine wie die andere Art der Finsternisse wird demnach nur eintreten, wenn der Neu- oder Vollmond in einem der Punkte K und K' den Knotenpunkten der Bahn, oder doch diesen so nahe eintritt, dass seine nördliche oder südliche Breite geringer ist als sein von der Erde aus gesehener Halbmesser, vermehrt um den Halbmesser des Schattens. Die meisten Voll- und Neumonde gehen demnach vorüber, ohne eine Finsterniss zu veranlassen; nur etwa $1/5$ derselben sind von einer solchen begleitet.

§. 48.

Wären die Bahnen der Planeten u. s. w. wirklich concentrische und in derselben Ebene liegende Kreise, so würden nur 3 Elemente nöthig sein, um ihren Lauf vollständig zu berechnen, nämlich die Zeit des Umlaufs, der Abstand von der Sonne und der Ort, den sie in irgend einer als Anfangspunkt der Berechnung gesetzten Epoche eingenommen haben; letzterer in Graden der heliocentrischen Länge ausgedrückt. In der astronomischen Praxis würden sich sogar diese drei Elemente, sobald sie für einen der umlaufenden Körper gegeben sind, für alle übrigen auf zwei reduciren, da wie wir später sehen werden, der Abstand und die Umlaufszeit von einander abhängen und die Beobachtungen also nur eine dieser beiden Grössen, nebst der Epoche anzugeben brauchten. Allein die obige Voraussetzung findet nirgends statt, sie kann nur in einzelnen Fällen, wenn die Beobachtungen noch nicht zahlreich und genau genug sind, als erster Annäherungsversuch gelten und man muss also sowohl eine Abweichung von der Kreisgestalt, als eine Neigung der Bahn in die Rechnung mit aufnehmen.

(Fig. 23.) Die Abweichung von der kreisförmigen Bahn führt uns zunächst auf eine Ellipse, und wir werden weiterhin sehen, dass diese Form der Bahn in der Wirklichkeit am

häufigsten, ja vielleicht selbst ausschliesslich, vorkommt. In einer Ellipse *ABPD* haben wir eine grosse Axe *AP* und eine *kleine* *BD* als längsten und kürzesten sich im Mittelpunkte rechtwinklicht schneidenden Durchmesser. In der grossen Axe liegen zwei *Brennpunkte* *S* und *S'* so, dass der Abstand *SD* (oder *S'D*) der halben grossen Axe *PC* gleich ist.

In einem dieser Brennpunkte *S* steht bei den Bahnen der Planeten etc. die Sonne, oder überhaupt der Centralkörper; folglich steht der Planet in *P* der Sonne am nächsten (Perihelium, *Sonnennähe*) und in *A* am entferntesten (Aphelium, *Sonnenferne*). Der Abstand *SC* heisst die *Excentricität*, und sie wird gewöhnlich so ausgedrückt, dass *CP* die Einheit für sie bildet. Auch kann man statt der Linie *SC* den Winkel *SDC* (*Excentricitätswinkel*) setzen, dessen Sinus *SC* ist, wenn $CP = SD$ als Radius gesetzt wird, der auch zugleich den *mittleren* Abstand des Körpers von der Sonne bildet, da $SD = \frac{1}{2}(PS + AS)$ ist.

In der elliptischen Bahn muss also das, was wir vorhin als (gleichbleibenden) Abstand bezeichneten, genauer als *mittlerer* Abstand (*halbe grosse Axe*) gesetzt werden und ausserdem treten noch zwei neue zu bestimmende Elemente hinzu, die *Excentricität* und die Richtung (heliocentrische *Länge*) der Linie *SP*, was man unter *Länge des Perihels* begreift. Diese gäbe also schon fünf, oder nach obiger Beschränkung, *vier* Elemente der Bahn.

Die Lage der Ebene, in welcher die Bahn beschrieben wird, erfordert ebenfalls Berücksichtigung.

Man denke sich die Ebene des Papiers als die der Ekliptik, oberhalb derselben sei die Nord-, unterhalb die Südseite. Der Planet durchschneide diese Ebene ☊, ☊PD☋ diejenige Hälfte der Bahn, in welcher er *nördlich*, ☊AB☋ hingegen die, in welcher er *südlich* von der Ekliptik steht. Es ist also der Winkel zu bestimmen, unter welchem die Bahn die Ekliptik schneidet, sowie die Richtung der Linie ☊☋. Erstere bezeichnet man als *Neigung* der Bahn, letztere als Ort (*Länge*) des *aufsteigenden Knotens*. Dadurch werden abermals zwei neue Elemente eingeführt, deren Bestimmung erst die Berechnung vollständig macht.

Genau genommen, wird auch noch die *Masse* des Planeten, wenigstens ihr Verhältniss zur Masse der Sonne erfordert, weil nur unter Voraussetzung dieser Kenntniss der mittlere Abstand aus der Umlaufszeit, und umgekehrt, mit aller erforderlichen Genauigkeit geschlossen werden kann, was weiterhin deutlich werden wird.

Hiernach lässt sich folgende Uebersicht der Planetenele-

mente (oder auch der Bahnelemente überhaupt, da auch die Elemente der Kometenbahnen theoretisch dieselben sind und nur in der astronomischen Praxis eine gleichsam nothgedrungene Modification erleiden) aufstellen:

1. die Epoche (die mittlere Länge für eine feste Anfangszeit), gewöhnlich bezeichnet durch . . . m
2. die halbe grosse Axe (und die davon abhängende Umlaufszeit) . . . . a
3. die Excentricität, oder statt derselben der Winkel, dessen Sinus sie bildet . . . . e, φ
4. die Länge des Periheliums . . . . π
5. die Länge des ausfsteigenden Knotens . . . . ☊ (diese beiden Längen vom Frühlings-Nachtgleichenpunkte an gezählt)
6. die Neigung der Bahn gegen die Ekliptik . . . i

wozu noch der Strenge nach gehört

7. die Masse des Planeten . . . . μ

Wir werden diese Bezeichnungen von jetzt ab stets in der angegebenen Bedeutung beibehalten, um zu häufige Wiederholungen zu vermeiden.

Da der Abstand des Planeten von der Sonne in der Ellipse veränderlich ist, so kann man ihn nicht, wie im Kreise, schlechtweg als Halbmesser bezeichnen, man hat für diese veränderliche Grösse den Namen Radius Vector eingeführt und bezeichnet ihn gewöhnlich mit ϱ. Die heliocentrische Länge für eine gegebene Zeit heisse λ, die Breite β; und die entsprechenden geocentrischen Grössen r, l, b. Wird nun der Abstand der Sonne von der Erde durch R, ihre Länge durch L bezeichnet, so lässt sich die Hauptaufgabe des rechnenden Astronomen auf folgende Weise zusammenfassen.

1. Aus den Beobachtungen die Elemente m, a, e, π, ☊, i und erforderlichen Falls auch μ zu bestimmen.
2. Aus diesen Elementen für eine gegebene Zeit T den heliocentrischen Ort, also ϱ, λ, β zu finden.
3. In gleicher Art aus den Elementen der Erdbahn R und L zu finden. (Auch die Breite der Sonne B, die, wie wir weiterhin sehen werden, nicht gänzlich Null ist, kann berücksichtigt werden.)
4. Aus ϱ, λ, β, mit Zuziehung von R, L, B die geocentrischen Oerter r, l, b zu bestimmen.
5. Aus den so berechneten geocentrischen Oertern die besondern Erscheinungen (Auf- und Untergang, Culmination, Zusammenkünfte, Bedeckungen, Vorübergänge, Finsternisse u. s. w., so wie die Veränderungen der scheinbaren Grösse und des Glanzes) abzuleiten.

§. 49.

Ausser den Bahnen der Weltkörper können aber auch sie selbst nach ihrer Grösse, Gestalt, sonstigen physischen Verhältnissen u. s. w., besonders aber nach ihrer Rotation, Gegenstand der beobachtenden und rechnenden Astronomie sein. Die letztere Aufgabe hat eine Aehnlichkeit mit der Bestimmung der Bahn, mit dem Unterschiede jedoch, dass man hier nicht mit veränderlichen Abständen vom Mittelpunkte zu thun hat, da die Rotationsbewegung jedes Punktes, die Gestalt des Weltkörpers sei, welche sie wolle, nothwendig ein Kreis ist. Es kommt darauf an, einen sich hinreichend unterscheidenden Fleck auf der Oberfläche eines Planeten, der Sonne, oder des Mondes so oft als möglich, mindestens 3 mal, mit den Rändern des Planeten zu vergleichen, d. h. den Abstand des Flecks von zweien oder mehreren bestimmten Randpunkten zu ermitteln, und aus diesen Beobachtungen muss entwickelt werden:

1) die Länge } des gemessenen Punktes auf der Plane-
2) die Breite } tenkugel,
3) die Neigung des Planetenaequators gegen seine Bahn (oder gegen eine andre feste Ebene, z. B. die Erdbahn),
4) der aufsteigende Knoten dieses Aequators in der Bahn,
5) die Umdrehungszeit.

Das letztere Element kann man auch, wenn man sehr lange fortgesetzte Beobachtungen desselben Flecks hat, unabhängig von den übrigen Elementen entwickeln, die überhaupt wegen der Kleinheit der Planetenscheiben nur schwer und mit geringer Genauigkeit zu erhalten sind. — Wir kennen erst bei wenigen fremden Weltkörpern die Elemente der Rotation mit einiger numerischen Bestimmtheit.

Die Messungen der Grösse und Gestalt eines Weltkörpers sind eben so wie die entsprechenden Berechnungen an sich sehr einfach, da man nur die aus den Bahnelementen bekannte Entfernung mit dem Sinus des scheinbaren Halbmessers zu multipliciren hat, um den wahren zu erhalten. Die Schwierigkeit besteht nur darin, die scheinbare Grösse selbst mit einiger Genauigkeit zu ermitteln. Die meisten Weltkörper erscheinen der grossen Entfernung wegen so klein, dass sehr geringe Fehler der Messung schon äusserst beträchtliche im Resultat bewirken. So erscheint z. B, Uranus, obgleich sein wahrer Durchmesser gegen 8000 Meilen beträgt, nur etwa 4 Sekunden gross. Ein Fehler von 1/5 Sekunde (und mit solchen sind auch unsre allerfeinsten Messungen noch behaftet) bewirkt demnach 400 Meilen Fehler in der Bestimmung des wahren Durch-

messers, und einen verhältnissmässig noch weit stärkern bei Bestimmung der Oberfläche und des körperlichen Inhalts.

In Bezug auf die Gestalt ist die praktische Frage gewöhnlich die, ob der Weltkörper eine genaue Kugelgestalt oder eine sphäroidische habe, und wie gross in letzterm Falle die Abplattung sei. Es hat sich bis jetzt ausser der Erde nur für drei Planeten, Jupiter, Saturn und Uranus, eine durch Beobachtungen merkliche Abplattung ergeben.

Eine der wichtigsten Bestimmungen ist die der Masse; doch kann hier von den Mitteln, durch welche sie erlangt wird, noch keine Vorstellung gegeben werden. Sie wird gewöhnlich in ihrem Verhältniss zur Sonnenmasse, welche die Einheit bildet, dargestellt; für Monde bildet die Masse des Planeten die Einheit.

Sind alle diese Bestimmungen aus den Beobachtungen gewonnen, so kann man aus ihnen weiter die Oberfläche, den körperlichen Inhalt, die mittlere Dichtigkeit, einigermaassen sogar die Art ihrer Vertheilung im Innern des Weltkörpers, die Schwere (Fallhöhe) an seiner Oberfläche, die für verschiedene Punkte derselben sehr verschieden gefunden werden kann, die Länge des Sekundenpendels u. dgl. bestimmen. Die Stärke der Erleuchtung, die sich nach den verschiedenen Abständen richtet, erhält man aus den Bahnelementen; die Rotationselemente, in Verbindung mit jenen, ergeben die Länge der Tage und Nächte für die verschiedenen Zonen und Jahreszeiten, die Folge der Himmelserscheinungen, kurz alles Wesentliche, was unsre Kalender angeben, und zwar alles dieses, innerhalb gewisser Genauigkeitsgrenzen, mit mathematischer Gewissheit. — Weit schwieriger sind Fragen über Atmosphäre, Erwärmung u. dgl., die selbst im günstigsten Falle immer nur mit mehr oder weniger Wahrscheinlichkeit beantwortet werden können, da man hier nicht mehr ganz auf mathematischem Boden steht, und Analogieen mit unsrer Erde nur sehr behutsam wagen darf. — Noch weniger aber können wir aus unsern Beobachtungen direkte Schlüsse in Bezug auf Bewohner, Vegetationsverhältnisse und ähnliche Gegenstände ableiten: diese Conjecturen, wie scharfsinnig sie auch ausgedacht, wie anziehend sie auch dargestellt sein mögen, entbehren alles positiven Grundes und können nie einen wissenschafttlichen Werth in Anspruch nehmen.

Fünfter Abschnitt.

Gesetze der Bewegung, und Anwendung derselben.

§. 50.

Der wichtige Fortschritt, den die Astronomie durch *Newton's* grosse Entdeckung machte, ist um so bewundernswürdiger, als ihm die frühere Zeit so gut als gar nicht vorgearbeitet hatte, wenn man zwei grosse Geister ausnimmt — *Copernicus* und *Kepler*. Ersterer hatte, wie wir gesehen haben, die scheinbaren Bewegungen durch die wahren erklärt; der zweite stellte drei Gesetze auf, nach denen die Bewegungen erfolgten, allein blos empirisch und ohne ihren innern Zusammenhang nachzuweisen. Der Kraft, welche den Grund aller dieser Bewegungen enthält, und aus der man folgerecht sie sämmtlich ableiten konnte, konnte noch Niemand einen bestimmten Ausdruck geben, und am wenigsten kam es irgend einem der frühern Naturphilosophen in den Sinn, sie in einer so einfachen und allbekannten Thatsache, im Falle der Körper, aufzusuchen. Und gleichwohl ist es dieselbe Ursache, vermöge welcher das Hagelkorn zur Erde fällt, und Sonnen um Sonnen laufen, und der von *Newton* gegebene Ausdruck dieses Gesetzes ist der einfachste, den man sich vorstellen kann.

Jeder Körper übt auf jeden andern Körper eine anziehende Kraft aus, deren Quantität, d. h. die Grösse ihrer jedesmaligen Wirkung, sich direkt verhält wie die Masse des anziehenden Körpers und umgekehrt wie das Quadrat seines Abstandes.

Die Wirkung dieser Kraft ist bei einem ursprünglich ruhenden Körper der senkrechte Fall gegen das Centrum der Anziehung; bei einem ursprünglich in Bewegung befindlichen die Ablenkung von der geradlinigen Richtung dieser Bewegung nach der Seite des anziehenden Körpers hin. — Im erstern Fall entsteht eine geradlinige sich stets beschleunigende senkrechte Bewegung, im zweiten eine Curve, welche für verschiedene Verhältnisse der Kraft und der ursprünglichen Bewegung eine verschiedene Form erhalten kann, jedoch stets ein

Kegelschnitt*) werden muss, wie die höhere Analysis aus dem Gesetz der Schwere beweist, und wie es weiter unten wenigstens im Allgemeinen, verdeutlicht werden soll.

Beide Bewegungsarten, die des freien Falles und die in Curven um den Centralkörper, sollen übrigens hier so betrachtet werden, als erlitten sie keine Hemmung oder Schwächung durch ein Medium, welches sie bei der Bewegung durchschneiden. Die Wirkung eines solchen Mediums ist Verlangsamung der Bewegung, da ein Theil der Kraft, die ausserdem ganz zur Bewegung verwandt würde, auf Ueberwindung des Widerstandes, auf Verdrängung des Mediums aus der Bahn des Körpers, verwendet werden muss. Für den Fall der Körper auf die Erde tritt eine solche Verminderung durch die atmosphärische Luft ein; sie verhindert, dass hoch herabfallende Körper, z. B. der aus den Wolken fallende Hagel nicht ihre volle Fallgeschwindigkeit behalten, sondern eine oft sehr beträchtliche Retardation erfahren. — Für die Bewegung der Weltkörper kannte man bisher kein solches Medium; in neuern Zeiten hat *Enke* ein solches als sehr wahrscheinlich nachgewiesen; doch ist nur erst bei zwei periodischen Kometen seine Wirksamkeit sicher erkannt worden. — In gegenwärtiger Betrachtung setzen wir dagegen den Raum, in dem die Bewegungen vor sich gehen, als leer voraus.

Die anziehende Kraft selbst nannte *Newton* Schwerkraft (Attractions-, Gravitationskraft) und er gebraucht diese Benennungen als gleichbedeutende, verwahrt sich aber ausdrücklich gegen jede Folgerung, die man aus diesen Namen auf die innere Natur dieser Kraft ziehen möchte. Nicht dieses uns unbekannte innere Wesen derselben, sondern die Gesetze

---

*) Unter Kegelschnitten versteht man diejenigen Figuren, welche sich bilden, wenn man den Kegel nach gewissen Richtungen durchschneidet.

(Fig. 24) Sei *ABC* dieser Kegel, also *BC* seine (kreisförmige) Grundfläche und *A* seine Spitze, und man durchschneide ihn nach der Richtung *ED*, parallel mit *BC*, so wird die Schnittfigur ein Kreis und *ED* sein Durchmesser. Durchschneidet man ihn in einer schrägen Richtung *FG*, doch so, dass der Schnitt beide Seiten des Kegels trifft, oder doch gehörig verlängert treffen würde, so entsteht eine Ellipse, deren grosse Axe *FG* ist. Ein Schnitt *HK*, parallel mit der einen Seite des Kegels und also auch bei der weitesten Verlängerung diese niemals treffend, giebt eine Parabel, deren grosse Axe, wie sie selbst, ins Unendliche fortläuft. Ein Schnitt *LM* endlich, der gegen beide Seiten des Kegels divergirt, und der über *L* hinaus verlängert einen zweiten dem ersten gerade entgegengesetzten Kegel treffen würde, giebt eine Hyperbel, die aus 2 Curven besteht, deren Axen *LM* und *L'M'* beide ins Unendliche fortlaufen und die einander congruent sind. — Ein Schnitt durch die Spitze würde das ebene Dreieck geben, was aber nicht in die Reihe der hier zu betrachtenden Kegelschnitte gehört.

ihrer Wirkungen sind es, welche *Newton* aus einem einzigen obersten Princip folgerecht entwickelte und welche fortan die Grundlage der Astronomie ausmachen, ein Mehreres bedarf sie nicht.

Wenn daher Einzelne, welche gänzlich misskennend das wahre Ziel der Astronomie, dieses in metaphysischen Erörterungen über das Wesen der Grundkräfte setzen, von diesem Standpunkte aus Angriffe gegen *Newton* und sein System unternommen haben, so treffen sie gänzlich fehl. Man hat z B. nach dem Stoffe gefragt, welcher die Attraction vermittle; man hat gesagt, Anziehung könne nur mit Haken und Seilen gedacht werden u. dgl. mehr. Mag man sich die Anziehung mit oder ohne Haken und Seile gedenken, oder (wie der Verfasser) auf jede sinnliche Vorstellung derselben von vorn herein verzichten, dies alles ist der Astronomie gleichgültig.

§. 51.

Jede fortwährend wirksame Kraft setzt in jedem Augenblicke ihrer Wirkung einen (unter übrigens gleichen Umständen gleichbleibenden) Theil hinzu, d. h. ihre Wirkung wird der Zeit proportional sein. Der fallende Körper z. B. fängt mit einer Bewegungsgeschwindigkeit an, dass er am Ende der ersten Sekunde eine durch v ausgedrückte Geschwindigkeit (die Sekunde als Einheit gesetzt), erlangt habe, so wird der in dieser Sekunde zurückgelegte Raum derselbe sein, den er mit der mittlern Geschwindigkeit $\frac{1}{2} v$ (dem arithmethischen Mittel zwischen Null und v) beschrieben hätte, folglich mit der Zeit (1) multiplicirt, ebenfalls $= \frac{1}{2} v$. Die Zunahme der Fallgeschwindigkeit in der zweiten Sekunde, vom Anfang bis zu Ende derselben, ist von v bis $2 v$, die mittlere folglich $1\frac{1}{2} v$; in der dritten geht sie von $2 v$ bis $3 v$, was für das Mittel $2\frac{1}{2} v$ giebt, und so fort, bis sie in der $n$ten Sekunde das Mittel zwischen $(n-1)v$ und nv, also $(n-\frac{1}{2})v$ erreicht. Die in den einzelnen Sekunden zurückgelegten Räume s sind also:

Sekunden:	1ste	2te	3te	4te	5te	$n$te
Einzelne Fallräume:	$\frac{1}{2}v$	$\frac{3}{2}v$	$\frac{5}{2}v$	$\frac{7}{2}v$	$\frac{9}{2}v$	$\frac{2n-1}{2}v$

und die Endgeschwindigkeit g nach n Sekunden

$$g = nv.$$

Die Zähler der vorstehenden Brüche sind die Differenzen einer Reihe von Quadraten der natürlichen Zahlenfolge, summirt man sie succesiv, so erhält man die vom Anfange der Bewegung an durchlaufenen ganzen Fallräume, wie folgt:

in n Sekunden: 1 2 3 4 5 . . . n
Ganzer Fallraum (s) am Ende der $n$ten Sekunde:

$$\frac{1v}{2} \quad \frac{4v}{2} \quad \frac{9v}{2} \quad \frac{16v}{2} \quad \frac{25v}{2} \quad . \; . \; . \quad \frac{n^2 v}{2}.$$

Hieraus gehen folgende Regeln hervor:

Bei gleichbleibender Schwerkraft verhalten sich die Fallgeschwindigkeiten direkt wie die Zeiten, und die ganzen Fallräume von Anfang der Bewegung an gezählt, wie die Quadrate der Zeiten.

Die Grösse v, die durch Versuche zu bestimmen ist, giebt uns also das Maass der Schwerkraft für eine gegebene Masse (hier die Masse der Erde) und eine gegebene Distanz (den Radiusvector des Erdsphäroids). Sie kann durch direkte Fallversuche, wie sie am vollständigsten und genauesten *Benzenberg* angestellt hat, gefunden werden; mit grösserer Schärfe aber durch Pendelversuche, da sich zwischen der Länge eines Pendels, der Sekunden schlägt, und der Fallgeschwindigkeit v am Ende der ersten Sekunde ein bestimmtes Verhältniss nachweisen lässt, wie sogleich gezeigt werden soll. Auf letzterm Wege hat *Bessel* (Untersuchungen über die Länge des Sekundenpendels, Berlin 1837) mit einem die höchste Genauigkeit gewährenden Pendelapparat die Grösse v, oder die Constante der Schwerkraft, für Berlin bestimmt auf

30,20754 Pariser F. = 31,2649 rheinländische F.

Die vorstehenden Gleichungen können also nun in bestimmten Zahlen ausgedrückt werden. Es ist, die obigen Bezeichnungen beibehalten,

$$g = 30{,}20754\, n$$
$$s = 15{,}10377\, n^2.$$

Ist die Endgeschwindigkeit g gegeben, so hat man s und n durch die Gleichungen

$$n = \frac{g}{v} = \frac{g}{30{,}20754}$$

$$s = \frac{g^2}{2v} = \frac{g^2}{60{,}41508}$$

und ist der ganze Fallraum s gegeben, so hat man n nnd g gefunden durch

$$n = \sqrt{\frac{2s}{v}} = \sqrt{\frac{s}{15{,}10377}}$$

$$g = \sqrt{2vs} = \sqrt{60{,}41508 s}.$$

Bei diesen Formeln ist, wie oben bemerkt, der Raum luftleer und die Schwerkraft selbst unveränderlich angenommen worden. Keine dieser beiden Voraussetzungen findet in der Wirklichkeit statt, die Luft veranlasst, wie schon bemerkt, eine bei grossen Fallräumen sehr beträchtliche Verminderung der normalen Geschwindigkeit; und da der Fall selbst die Entfernung des Körpers vom Mittelpunkte der Kraft vermindert, mit dem verminderten Abstande aber Zunahme der Schwerkraft verbunden ist, so muss auch dieser Umstand bei genauen Versuchen berücksichtigt werden. Eben deshalb können auch die obigen Zahlenwerthe, die statt v in die Formeln gesetzt worden sind, nur für Berlin gelten und müssen für andere Orte, die einen verschiedenen Radiusvector und also ein verschiedenes v haben, demgemäss geändert werden.

Vergleicht man mit diesem Effect einer fortwährend wirkenden Kraft den einer blos augenblicklich wirksamen, z. B. eines Stosses, so wird man auf wesentlich verschiedene Verhältnisse kommen. Sei die durch den Stoss erhaltene Geschwindigkeit G, so wird sie in Folge des Beharrungsvermögens des Körpers unverändert bleiben, bis etwa ein Widerstand sie schwächt oder aufhebt, und die hervorgebrachte Bewegung wird innerhalb n Secunden $= n\,G$ sein. Hier ist also die Geschwindigkeit constant und die Bewegung der Zeit proportional, während bei der fortwirkenden Schwere die Kraft constant, die Geschwindigkeit der Zeit und die Bewegung (Ortsveränderung) dem Quadrate der Zeit proportional ist.

§. 52.

Wenn der Körper auf einer wagerechten Ebene ruht, so kann natürlich die Schwerkraft sich als Attraction nicht wirksam erweisen; befindet er sich aber auf einer (platten) geneigten Ebene, so kann sie noch einen Theil derjenigen Wirksamkeit ausüben, den sie beim freien Fall gehabt hätte, der Körper wird demzufolge herabrollen.

(Fig. 25.) Sei *AC* eine gegen die Horizontalebene *BC* geneigte Fläche, und auf ihr ein Körper in *D*, der, wenn er frei fallen könnte, in einer gegebenen Zeit die Höhe *DF* zurücklegen würde. Die Fläche aber gestattet ihm nur einen gegen *C* gerichteten Lauf zu nehmen. Man zerfälle die Linien *DF* nach dieser und einer darauf senkrechten Richtung in die beiden Linien *DE* und *EF*, so ist *EF* derjenige Theil der Kraft, dessen Wirkung vernichtet wird, *DE* der wirksam bleibende, und der Körper wird also in der Zeit, wo der freie Fall ihn nach *DF* geführt hätte, nur die Linie *DE* zurücklegen, mithin seine Geschwindigkeit, wenn er im Punkte *E* ankommt, sich zu

der, womit er in F angelangt wäre, ebenfalls nur wie $DE:DF$ verhalten. Es ist aber $DE = EF \sin DFE$, und da in den beiden Dreiecken die Winkel von E und B rechte, die von D und A aber einander gleich sind, mithin die Dreiecke ähnlich und $< F = < C$, so ist auch $DE = DF \sin C$, mithin verhält sich die Geschwindigkeit in E zu der, welche der freie Fall in F hervorgebracht hätte, wie $\sin C : 1$.

(Fig. 26.) Es durchfalle ein Körper, auf einer geneigten Ebene rollend, die Sehne CB eines Kreises, dessen vertikaler Durchmesser AB ist, so wird seine Geschwindigkeit mit der er in B anlangt, zu der, mit welcher er durch den senkrechten Fall von A aus in B angelangt wäre, nach dem Gesagten sich wie $\sin A : 1$ verhalten. Da nun das Verhältniss der Fallräume CB und AB ebenfalls das von $\sin A : 1$ ist, so verhalten sich hier die zu durchlaufenden Räume wie die Geschwindigkeiten, und müssen also gleichen Zeiten angehören.

Folglich gebraucht der Körper, um die Sehne CB im Falle auf einer geneigten Fläche zu durchlaufen, dieselbe Zeit, welche er gebraucht hätte, um frei durch den Durchmesser des Kreises zu fallen.

Unter den verschiedenen Arten des nicht senkrechten Falles ist besonders die Bewegung des Pendels zu merken.

(Fig. 27.) Ein Körper B sei an dem freien Ende eines Fadens AB befestigt, und A sei der Aufhängungspunkt des Fadens, so wird er aus der Lage B, da der Faden ihn am freien Falle hindert, in die AC zu kommen streben, hier angelangt aber nicht still stehen, sondern mit der erlangten Geschwindigkeit weiter gehen und bis D schwingen, von D zurückkehren, durch C nach B gehen u. s. w. — Wenn das Gewicht des Fadens oder der Stange gleich Null ist, das Pendel sich im luftleeren Raume bewegt und so kleine Bögen beschreibt, dass ihre Abweichung von der geraden Linie unmerklich ist, so lässt sich in der Mechanik folgender Satz beweisen:

Das Quadrat des Durchmessers eines Kreises verhält sich zum Qudrat der Peripherie desselben, wie die Länge des Sekundenpendels zur Constante der Schwerkraft, die Sekunde als Zeiteinheit gesetzt; oder auch wie die halbe Länge des Sekundenpendels zur Höhe des freien Falles in der Sekunde.

Das angegebene Verhältniss ist das von $1 : (3{,}14159265)^2 = 1 : 9{,}869604$. Ist daher die gefunde Pendellänge $= P$, so ist die Constante der Schwerkraft

$$9{,}869604\ P.$$

Die obigen Bedingungen sind uns direct zu erfüllen nicht

möglich; das einfache Pendel ist nur in der Vorstellung vorhanden, und man muss also die Pendelbeobachtungen durch Rechnung auf solche reduciren, wie sie durch ein einfaches Pendel, wäre ein solches möglich, erhalten worden wären. Uebrigens sieht man leicht, dass Pendelbeobachtungen unvergleichbar genauer ausfallen müssen als Beobachtungen des direkten Falles. Die sorgfältigsten und genauesten Beobachtungen des Pendels hat in neuerer Zeit *Bessel* an einem eigends construirten Apparat angestellt, und die erlangte Genauigkeit lässt im Resultat kaum noch einen Fehler von 1 Millionentheil des Ganzen befürchten. — Auch hat er Körper sehr verschiedener Art, selbst Meteoreisen und Meteorsteine, die möglicherweise nicht tellurischen Ursprungs sind, als Pendel schwingen lassen, allein das Resultat erhalten, dass die Schwerkraft (Anziehungskraft der Erde) für alle Körper von noch so grosser Verschiedenheit des specifischen Gewichts wie der chemischen Beschaffenheit durchaus die gleiche sei.

§. 53.

Entfernt man sich von der Erdoberfläche, so wird auch die Wirkung der Schwerkraft abnehmen, die Fallhöhe und mit ihr das Sekundenpendel werden also kürzer gefunden werden. Eben dies wird aber auch geschehen, wenn man, ohne sich von der Oberfläche zu entfernen, sich auf der abgeplatteten Erde dem Aequator nähert, denn auf diese Weise wird ebenfalls die Entfernung vom Mittelpunkte der Erde zu-, folglich die Schwerewirkung abnehmen. Aus der (bekannt angenommenen) Figur der Erde würde man, wenn die Pendellänge für irgend einen Ort von bekannter Lage durch Beobachtungen ermittelt ist, die für alle andern geltenden Pendellängen durch Rechnung finden können; folglich kann man auch umgekehrt aus den an vielen Orten gefundenen Pendellängen auf die Figur der Erde schliessen.

Indess tritt noch ein Umstand ein, welcher die Verminderung der Schwerewirkung nach dem Aequator zu noch verstärkt. Der Umschwung der Erde um ihre Axe würde, wenn keine Schwere vorhanden wäre, zur Folge haben, dass alle auf ihr befindlichen und nicht mit ihr cohärenten Körper nach der Richtung der Tangente hinweggeschleudert, folglich von der Oberfläche entfernt würden, während die Schwerkraft diese Körper der Erde zu nähern strebt. Beide Wirkungen sind also einander entgegengesetzt, sie würden sich gegenseitig vernichten, wenn sie gleich gross wären. Die Schwerkraft überwiegt bei weitem, und das erwähnte Bestreben der Körper, sich von der Erde zu entfernen, kann sich demnach nicht in dieser

Weise äussern, gleichwohl muss **ein Theil** der Schwerkraft dazu verwandt werden, jene entgegengesetzte Bewegung zu vernichten, und nur der übrige Theil, also nicht die volle Schwerkraft, bewirkt den Fall der Körper. Die Rechnung zeigt, dass diese Verminderung unter dem Aequator $1/289$ der gesammten Wirkung beträgt und folglich $288/289$ als eigentlich wirksam übrig bleiben. Unter den Polen ist keine Umschwungsbewegung, also auch keine aus dieser Ursach hervorgehende Verminderung vorhanden, die Schwere unter dem Aequator verhält sich also, so weit dieser Umstand einwirkt, zu der unter den Polen, wie 288 : 289, und zu der unter der Polhöhe p stattfindenden wie

$$288 : 289 - \cos^2 p.$$

Zu dieser durch die Rotation veranlassten Verminderung kommt nun die durch den grösseren Radius Vector bewirkte hinzu, und aus beiden Ursachen werden die Pendellängen am Aequator kleiner gefunden als in andern Breiten.

Wenn der Rotationsschwung der Erde 17mal schneller wäre, so würde die Wirkung der Schwere unter dem Aequator ganz aufgehoben werden und unter andern Breiten p der Grösse ($\sin^2 p$) proportional sein.

Die genauen Untersuchungen *Bessel's* haben für Berlin (Magnetisches Observatorium der Sternwarte) eine Pendellänge von 440,7345 oder, auf den Horizont des Meeres reducirt, von

440,7389 Pariser Linien

ergeben.

Die Beobachtungen an andern Erdorten stehen zwar an Genauigkeit und Sicherheit den von *Bessel* in Berlin und Königsberg angestellten nach, indess bestätigen sie das durch direkte Untersuchungen bestimmte Abplattungsverhältniss innerhalb der Grenze seiner Unsicherheit. Aus ihnen geht hervor, dass das einfache Sekundenpendel an den Polen eine Länge von

	441,562	Par. Linien,	
und am Aequator von	439,258	„ „	hat,
was einen Unterschied von	2,304	„ „	ergiebt,

welcher bewirkt, dass eine Pendeluhr, die am Aequator einen richtigen Gang zeigt, an einen der beiden Pole transportirt, eine tägliche Voreilung von 3′ 43″ zeigen würde.

§. 54.

Bei diesen Pendelversuchen wird vorausgesetzt, dass der Erdkörper, wo nicht **homogen** (**durchweg** gleich dicht) doch in Bezug auf Dichtigkeit seiner einzeln Theile symmetrisch geformt sei, dergestalt, dass dasselbe Gesetz der Dichtigkeits- Zu- oder Abnahme für alle Radienvectoren des Erdsphäroids gelte,

wonach also gleichweit vom Mittelpunkt entfernte Schichten auch gleiche Dichtigkeit hätten. Allein schon die sehr unvollkommene Kentniss, welche wir vom Innern der Erde haben, widerlegt diese Annahme, und Ungleichheiten dieser Art müssen sowohl auf die Pendelversuche als auf die Gradmessungen Einfluss haben.

Um hiervon sich eine allgemeine Vorstellung zu machen, so denke man sich an einer Stelle der Erdoberfläche eine Masse, welche die Dichtigkeit der die übrige Oberfläche bildenden Schichten um eine der gesammten Erddichtigkeit gleiche Grösse übertrifft und deren Dichtigkeit also, wenn d die mittlere an der Oberfläche, D die der Erde im Ganzen bezeichnet, durch $D + d$ ausgedrückt wird. Ihr Volumen sei $= v$, das der gesammten Erde $= V$; so ist es eben so gut, als wirke an dieser Stelle, ausser der Erdmasse VD (dem Produkt des Volumens und der Dichtigkeit), noch eine andere vD auf den Pendel (denn nur der Ueberschuss ihrer Dichtigkeit kann hier besonders in Rechnung kommen). Der Radiusvector der Erde an dieser Stelle sei R, die Entfernung des Schwerpunkts der Masse vom Schwerpunkt des Pendels r, so ist die Wirkung der Erdmasse der Grösse $\frac{VD}{R^2}$, die hinzugesetzte der Masse vD der Grösse $\frac{vD}{r^2}$ proportional, oder beide Wirkungen verhalten sich so wie

$$\frac{V}{R^2} : \frac{v}{r^2}.$$

Man setze nun der grössern Einfachheit wegen die Masse vD kugelförmig und ihren Radius gleichfalls r, so wird $v = {}^4/_3\, \pi r^3$ (unter π die Zahl 3,14159 . . . verstanden) und V sehr nahe $= {}^4/_3\, \pi R^3$. Man kann also statt $\frac{V}{R^2} : \frac{v}{r^2}$ setzen:

$$\frac{{}^4/_4 \cdot \pi \cdot R^3}{R^2} : \frac{{}^4/_3 \cdot \pi \cdot r^3}{r^2} = R : r.$$

Sei $R = 859^1/_2$ Meilen, $r = 196$ Par. Fuss, so wird die Wirkung der Maasse $vD = \frac{1}{100000}$ der Wirkung der Erdmasse, was bei genauen Pendelversuchen nicht verborgen bleiben wird. Man sieht also, dass z. B. ein sehr eisenhaltiger Boden den Schlag des Pendels beschleunigen, eine weite Wasserfläche hingegen ihn verzögern kann, und dass die Anbringung künstlich schwerer Massen, oder die Benutzung der von der Natur gegebenen, wenn man ihre Wirkung auf den Pendel beobachtet und ihre Dichtigkeit u. s. w. durch andre geeignete Mittel bestimmt,

uns zur Kenntniss des Werthes von D, oder der **Dichtigkeit** der Erde selbst, zu führen geeignet ist.

Diejenige Masse, deren besondere Wirkung sich der Wirkung der Erde für den betreffenden Ort hinzusetzt, kann sich auch ausserhalb d. h, über der mittlern Erdoberfläche befinden, in welchem Fall ihre gesammte Dichtigkeit in Rechnung zu ziehen ist, und zwar kann sie sich sowohl **unterhalb** des zur Untersuchung anzuwendenden Pendels als auch zur **Seite** desselben befinden. Man denke sich einen isolirten freistehenden Berg, dessen Gestalt, Grösse und Dichtigkeit möglichst genau untersucht und folglich bekannt ist, und auf seinem Gipfel ein schwingendes Pendel. Weiss man aus andern Versuchen die Länge des Sekundenpendels unter der geographischen Breite des in Rede stehenden Berges für den Meereshorizont, so lässt sich durch Rechnung finden, wie lang dasselbe in der Höhe des Berggipfels sein müsste, wenn der Berg nicht vorhanden wäre, und die wirklichen Beobachtungen auf dem Gipfel werden seine Länge ergeben, wie sie durch dass **Zusammenwirken** der Erde und des Berges resultirt. So wird man das Verhältniss der Anziehungen, welche der Berg und der übrige Erdball ausübt, und da man die Entfernungen des Pendels von den Schwerpunkten des Berges und der Erde gleichfalls kennt, auch das Verhältniss ihrer **Massen** erhalten; dieses letztere aber wird mit dem Verhältniss der Volumina beider verglichen das der Dichtigkeit ergeben. So erhält man endlich aus der Dichtigkeit des Berges die Dichtigkeit der Erde selbst.

Sei die Dichtigkeit, das Volumen und die Entfernung des Schwerpunkts vom Pendel, für den Berg resp. d, v, r; für die Erde D, V, R; habe ferner die Rechnung die Pendellänge P, die Beobachtung hingegen eine Pendellänge P' ergeben, und setzt man $P' = P + p$, so erhält man nach dem Obigen

$$\frac{dv}{r^2} : \frac{DV}{R^2} = p : P$$

$$\text{also } d\ v\ R^2 : D\,Vr^2 = p : P$$

$$D\,V\,r^2\,p = d\,v\,R^2\,P$$

$$\text{folglich } D = \frac{d\,v\,R^2\,P}{V\,r^2\,p}$$

Diese von *Bessel* vorgeschlagene Methode ist indess erst wenig angewandt worden. Soll die gegen P sehr kleine Grösse p mit hinreichender Sicherheit bestimmt werden, so wird ein vorzüglicher Pendelapparat und höchst sorgfältige, lange fortgesetzte Beobachtungen, die auf dem Gipfel hoher Berge ihre Schwierigkeiten haben, erfordert.

§. 55.

Man kann aber zweitens das Pendel, oder schlechtweg ein Loth, zur Seite der über die mittlere Oberfläche emporragenden und als gesondert zu betrachtenden Masse anbringen und nun nicht die Schwingungsdauer, sondern die Ablenkung von der senkrechten Richtung beobachten, welche der Berg bewirkt. Diese wird am besten durch astronomische Beobachtung des scheinbaren Zeniths zu beiden Seiten des Berges in geeigneter Entfernung ermittelt werden können.

(Fig. 28.) Sei $f\,c$ ein Bogen des Erdumfanges und $f\,g$ und $c\,d$ die beiden Richtungen, welche das Zenith der Punkte f und c bezeichnen. Unter der Voraussetzung, dass nur das Erdsphäroid die Richtung des Lothfadens bestimme, werden diese Richtungen mit $g\,f$ und $d\,c$ zusammenfallen, und mit einander den Winkel a machen, der bekannt ist, wenn man den Bogen $f\,c$ auf der Erdoberfläche kennt.

Nun sei zwischen f und c der Berg b, welcher das Loth gleichfalls anzieht, es also in die Richtung $d\,c'$, $g\,f'$ zieht, welchen man $c\,d'$ und $f\,g'$ parallel macht. Verbindet man an beiden Punkten ein Fernrohr so mit dem Loth, dass dessen Axe in seine Richtung fällt, und nehmen wir an, dass die verlängerte Axe des Rohrs in c einen Stern s, die des Rohrs in f einen andern s' treffe, so wird der Bogen $s\,s'$ den Unterschied der Richtungen $f\,g'$ und $c\,d'$ angeben, der grösser ist als a, und zwar um die Summe der beiden Ablenkungen, welche die Lothlinien in c und f durch Einwirkung von b erfahren, oder es wird sein

$$s'\,s = a + dcd' + gfg'.$$

Da nun $s'\,s$ durch die erwähnte Zenithbeobachtung und $f\,c$ auf geodätischem Wege bestimmt werden können, so lässt sich auch jene Summe bestimmen, denn es ist

$$dcd' + gfg' = s'\,s - a.$$

Nun bezeichnen aber gf und ff' das Verhältniss der Wirkungen der Erde und des Berges auf das Loth in f, so wie $d\,c$ und $c\,c'$ das der beiden Wirkungen auf das in c befindliche. Kennt man nun den Abstand der Punkte c und f vom Schwerpunkte des Berges b, so wie die Figur, das Volumen und das specifische Gewicht desselben, so kann man auf ähnliche Weise wie im vorigen Beispiel, die Dichtigkeit der Erde berechnen.

Bei den Messungen, welche *Maskelyne* und *Hutton* vom Berge Shehallion in England zu diesem Zwecke anstellten, wo *Maskelyne* den astronomischen, *Hutton* gleichzeitig den geodätischen Theil der Arbeit d. h. die Abmessung und Abwägung des Berges besorgte, fand sich $dcd' + gfg'$ im Mittel aus allen Bestimmungen $= 11'',7$, und die weitere Rechnung, deren specielle Ausführung

hier zu weit führen würde, gab 4,7 für die Dichtigkeit des Erdkörpers, wenn die des reinen Wassers = 1 gesetzt wird. — Ein ähnliches Resultat ist durch Beobachtungen am Cenis in den Alpen erhalten worden.

Indess lässt sich gegen die Genauigkeit und Sicherheit der auf diesem Wege erlangten Resultate der Einwand machen, dass wenn auch eine Abwägung und Abmessung des Berges selbst mit hinreichender Näherung erlangt werden könne, doch keineswegs angenommen werden kann. dass die beiden Richtungen des Loths, den Berg hinweggedacht, nothwendig *dc* und *gf* sein müssten, da gar wohl Ungleichheiten der Dichtigkeit unter der Erdoberfläche in der Gegend von *c* und *f*, deren vollständige Ermittelung nicht wohl möglich, und bei den erwähnten Arbeiten auch nicht ausgeführt worden ist, Einfluss auf die Richtung haben könnten. Alsdann aber würde $dcd' + gfg'$ zwei verschiedene Wirkungen in sich vereinigen, von denen die eine unbekannt bleibt der Schluss auf die Dichtigkeit der Erde folglich unsicher wird.

§. 56.

Dieser Umstand ward Veranlassung, eine Methode anzuwenden, die Schwingungen des Pendels gegen eine künstlich angebrachte Masse gesondert und unabhängig von der Erdanziehung zu beobachten.

(Fig. 29,) Man denke sich eine Stange *B C*, an deren Enden zwei gleich grosse und gleich schwere Kugeln sich befinden, in ihrem Mittelpunkte unterstüzt, doch so, dass sie sich auf dem Pfeiler *A F* frei zur Seite bewegen kann. Sind beide Seiten in vollkommenem Gleichgewicht, so wird die Wirkung der Erde auf dieses wagerechte Doppelpendel neutralisirt sein, d. h. es wird keine Seitenschwingung entstehen, wenn man *C* oder *B* bewegt, sondern in jeder Lage völlige Ruhe stattfinden.

Man stelle nun zwei möglichst grosse und schwere Massen *D* und *E* symmetrisch gegen *B* und *C* so auf, dass die nach beiden Seiten verlängerte Linie *B C* die Schwerdunkte oieser Massen trifft, so wird, wenn man eine der Kugeln bewegt eine Pendelschwingung entstehen, da die Massen *E* und *D* die Kugeln *C* und *B* in Folge der Anziehung wieder in die ursprüngliche Lage zurückzubringen streben. Die Kleinheit der Massen im Vergleich zur Erdmasse, obgleicc grossentheils duuch die Nähe derselben compensirt, wird zwar zur Folge haben, dass diese Schwingungen äusserst ladngsam erfolgen. jedoch wird es möglich sein, sie bei anhaltend for gesetzter Beobachtnng wahrzunehmen und ihre Dauer zu bestimmen. Da nun die Schwingungszeiten sich umgekehrt wie die Quadrate der Fall-

höhen oder auch der Pendellängen verhalten, so wird man bestimmen können, wie gross ein Sekundenpendel sein würde, der in Folge der Anziehung von *E* und *D* schwingt, und da die Länge des gegen die Erde gravitirenden Sekundenpendels als bekannt vorausgesetzt werden kann, so erhält man auch das Verhältniss der von *C* und *D* ausgeübten Anziehung zur Erdanziehung, woraus und aus den übrigen bekannten Daten (Entfernung der Schwerpunkte der anziehenden Massen von den Kugeln, Volumen und specifisches Gewicht dieser Massen u. s. w.) das specifische Gewicht der Erde erhalten wird.

Die erwähnte (hier nur in den allereinfachsten Grundlinien angedeutete) Vorrichtung heisst die Drehwage, und *Cavendish* hat mit ihr die ersten (durch manche zu berücksichtigende Nebenumstände sehr schwierigen) Versuche angestellt. Der ganze Apparat ward mit einer grossen Glaswand umschlossen, um die Einwirkung der Luftströmungen auf die Bewegung der Kugeln aufzuheben, und die Schwingungen teleskopisch aus beträchtlicher Entfernung beobachtet, um jede Einwirkung der Person des Beobachters auf die Kugeln gleich Null setzen zu können. Auch die Anziehung der Glaswand musste in Rechnung genommen werden.

Cavendish fand im Mittel aus 24 Versuchen die Dichtigkeit des Erdkörpers = 5,48, also nicht unerheblich grösser als *Hutton* und *Maskelyne*. In der That war mancher Umstand, der nicht hinreichend hatte berücksichtigt werden können, von Einfluss auf so subtile Beobachtungen. *Reich* in Freiberg hat indess neuerdings diese Beobachtungen auf eine zuverlässigere Weise wiederholt, und seine mit aller möglichen Sorgfalt und Umsicht bestimmten Schwingungszeiten gaben uns im Mittel aus 19 Versuchen eine Dichtigkeit der Erde = 5,44, also sehr nahe das Resultat von *Cavendish*, aber mit beträchtlich höherer Zuverlässigkeit. Die neuesten und umfassendsten Versuche dieser Art sind die von *Baily*, welche in den Schriften der Astronomischen Gesellschaft zu London ausführlich mitgetheilt sind. Das Mittel ist 5,68. Sowohl die Anzahl der Versuche, als die sorgfältigste Berechnung jedes Umstandes giebt dieser letztern Zahl einen Vorzug vor allen übrigen.

Das Gesammtgewicht der Erde ist nach diesen letztern Bestimmungen = $13^1/_2$ Quadrillionen Pfund.

Hutton, der mit *Maskelyne* die erste eigentliche Abwägung der Erde versuchte, hat gegen die Experimente mit der Drehwage den Einwurf gemacht, dass durch sie nur unter der Annahme einer gleichmässigen Dichtigkeit des Erdkörpers ein zuverlässiges Resultat zu erlangen sei, und *Poggendorf* hat später diesen Einwurf wiederholt. Wir können ihn nicht als richtig

zugeben. Die Vertheilung der Massen innerhalb der Erde ist ganz unwesentlich da, wo nur die Gesammtanziehung der Erde zur Vergleichung kommt. Nur wenn in Folge dieser Ungleichheiten der physische Schwerpunkt nicht mit dem geometrischen Mittelpunkt zusammenfiele, würde das Resultat der Drehwage um eine dieser Abweichung proportionale Grösse (den Erdradius als Einheit gesetzt) fehlerhaft werden. Abweichungen dieser Art, sobald sie irgend beträchtlich wären, müssten sich jedoch in vielen andern Phänomenen verrathen, was nicht der Fall ist. Wäre übrigens der Einwurf richtig, so würden alle bisher vorgeschlagene Methoden, auch die *Maskelyne-Hutton*'sche nicht ausgenommen, gleichmässig davon getroffen werden.

§. 57.

Vergleicht man die so ermittelte mittlere Dichtigkeit der Erde mit derjenigen, welche die ihre Oberfläche bildenden und dieser zunächst liegenden Massen zeigen, so finden wir hier (ausser dem Wasser, dessen Dichtigkeit = 1) am allgemeinsten verbreitet Granit (Dichtigkeit 2,5 bis 3,0), Kalk (2,—3,1), Sand und Kiesel überhaupt (2,6), Porphyr (2,4—2,8), Thon (2,0—2,4), und andre verwandte Massen von ähnlichem specifischen Gewicht, so dass wir der Oberfläche des Festlandes und beiläufig auch dem Seeboden eine mittlere Dichtigkeit von 2,7 also nahezu die Hälfte der Erddichtigkeit, zuschreiben können. Die einzigen uns bekannten Körper von grösserer specifischer Schwere als 5,68 sind die Metalle im regulinischen Zustande, die aber nicht verbreitet genug sind, um zur grössern Dichtigkeit der oberen Erdschicht etwas Erhebliches beitragen zu können. Wir müssen also nothwendig eine Zunahme der Dichtigkeit gegen das Erd-Innere und den Mittelpunkt hin annehmen, und zwar eine sehrbeträchtliche Zunahme, denn es ist leicht einzusehen, das die Dichtigkeit gegen das Centrum hin weit mehr als 5,68 betragen müsse, wenn die Erde im Ganzen 5,68 haben soll. Ist die Zunahme der Dichtigkeit gleichförmig von Aussen nach Innen, so werden wir die mittlere Dichtigkeit 5,68 nur etwa 200 Meilen unter der Oberfläche annehmen dürfen.

Dadurch wird erklärlich, warum die Gradmessungen ein andres Resultat für die Aplattung ergeben, als *Newton* unter Voraussetzung einer homogenen Erde gefunden hatte. Die Abplattung ist Folge des Rotationsschwunges, sowohl der äussern als der innern Theile; jene haben, da sie grössere Kreise beschreiben, einen stärkern Schwung, und folglich auch einen grössern Enfluss auf die Gestalt der Erde als diese. Wären sie nun zugleich die schwerern, so würde ein Uebergewicht zum andern kommen. Die Gesammtwirkung aller schwingenden Massen auf Abplattung würde grösser, folglich diese selbst be-

trächtlicher werden müssen; tritt hingegen der umgekehrte Fall ein, so wird die Gesammtwirkung schwächer werden, und so zeigt es sich auch in der That.

Fragt man nach den physichen Ursachen dieser so sehr vergrösserten Dichtigkeit gegen die Mitte hin, so kann man allerdings den Grund zum Theil in dem gewaltigen Drucke finden, den die tiefer liegenden Massen von den höheren erleiden. Allein dieser Druck wirkt doch auf nicht-elastische Massen nur äusserst wenig, und Massen von beträchtlicher Elasticität bietet uns die Oberfläche im Grossen nicht dar. So schein, kein andrer Ausweg übrig zu bleiben, als entweder Massen von gänzlich unbekannter Beschaffenheit im tiefern Erd-Innern anzunehmen, oder den regulinisch-metallischen Zustand als den normalen in jenen unergründlichen Tiefen zu bezeichnen. Dieses eigentliche Innere ist also gleichsam noch unaufgeschlossen, ist Metallkern, um den herum sich die mehr entwickelten stein-, erd und kalkartigen Massen gelagert haben und an ihren äussersten Grenzen, von Luft und Wasser berührt, einen Boden für vegetabilische und animalische Entwickelung darbieten, deren letzte Spuren schon bei wenigen hundert Fuss Tiefe verschwinden und die also wohl dem Innern gänzlich abgeht.

Damit fällt zugleich die Annahme, dass die Erde eine Hohlkugel sei und dass sich unter einer, wenn gleich sehr dicken, massiven Schale ein leerer oder auch lufterfüllter sphärischer Raum befinde, hinweg. Zwar könnte man, wenn man die Dichtigkeit von der Oberfläche an sehr schnell zu einer vielleicht 40fachen des Wassers wachsen liesse, den grössten Theil des Erd-Innern zur Hohlkugel machen und doch auf die obige mittlere Dichtigkeit kommen, aber das für die Abplattung gefundene Resultat wäre damit unvereinbar. Beide Thatsachen zusammengenommen lassen höchstens nur einen gegen das Ganze sehr kleinen Raum im Innern als mögliche Central-Hohlkugel übrig; am wahrscheinlichsten aber ist es, das auch diese nicht besteht. Alle noch so scharfsinnigen Hypothesen über diese vermeinte Hohlkugel und die Verhältnisse der lebenden Wesen in derselben, alle dichterischen Ausschmückungen dieser Idee, mit der sich gar Mancher getragen, sind grundlose Phantasien.

Es mag hier vorläufig bemerkt werden, dass auch bei den beiden andern Planeten, für welche eine Bestimmung der Abplattung durch Beobachtungen bis jetzt möglich gewesen (Jupiter und Saturn), sich aus der Vergleichung dieses Axenverhältnisses mit dem, welches die Rotation ergiebt, dieselbe Schlussfolge wie bei der Erde ziehen lässt. Auch Jupiter und Saturn sind Körper, deren Dichtigkeit von der Oberfläche nach dem Innern zu sehr beträchtlich zunimmt, und für welche die Möglichkeit einer

Hohlkugel sogar noch mehr als bei der Erde zusammenschwindet. Und eben so zeigt das nahezu gleiche Dichtigkeitsverhältniss der Erde mit den andern drei untern Planeten, dass man nach aller Wahrscheinlichkeit auch in diesen keine Hohlkugeln anzunehmen habe. Es versteht sich, dass hier nur die Rede von einer allgemeinen, das Centrum umgebenden, Höhlung, nicht aber von einzelnen hier und da zerstreuten und von fester Masse freien Räumen die Rede sei, die sich gar wohl auch im tiefen Innern an einer und der andern Stelle finden können.

§. 58.

Diese Heterogenität der Erde in Bezug auf Dichtigkeit hindert uns übrigens nicht, für alle ausserhalb derselben liegende Körper die Anziehungskraft als im Mittelpunkte vereinigt zu gedenken. Anders würde es sein, wenn die Vertheilung der Dichtigkeit keine symmetrische, und das Gesetz der Zunahme nicht für alle Radienvectoren gleich wäre; dass dies aber mindestens sehr nahe der Fall sein müsse, lässt sich unter andern aus der nahen Uebereinstimmung zwischen den Resultaten der Pendelversuche mit denen der Gradmessungen schliessen. Dagegen bewirkt die nicht ganz kugelförmige Gestalt der Erde, dass jene Annahme nicht immer den Erscheinungen durchaus genügt, wie z. B. bei der näheren Bestimmung des Mondlaufes sich zeigen wird.

Ist aber die Rede von einem Punct im Innern der Erde, so treten andre Verhältnisse ein: seine Gravitation gegen die umgebenden Massen vertheilt sich nach verschiedenen Richtungen, unter denen einige gerade entgegengesetzt sind und sich aufheben, soweit sie sich an Stärke gleichen.

(Fig. 30.) Sei O ein Punkt im Innern der Erdkugel, und ODE die Kugel, welche mit dem Radius CO beschrieben wird, so werden zwar die Gravitationen gegen die einzelnen Theile der Kugel ODE im Mittelpunkt vereinigt gedacht werden können, die übrigen aber sich gegenseitig aufheben, denn jeder nach a hin wirkenden steht eine andere die nach B hin wirkt entgegen, und es lässt sich darthun, dass die Gravitation gegen den Theil $a\,b\,o$ der gegen den Theil $DABE$ gleich und entgegengesetzt sei, und so auf jeder der übrigen Linien, die man sich durch O gedenken kann. Der Inhalt der Kugel ODE verhält sich zum Inhalt der Erdkugel wie der Cubus von CO zum Cubus des Radius derselben; nach dem Newtonschen Gesetz verhält sich also, wenn R den Erdradius bezeichnet, und $CO = r$ gesetzt wird, die Anziehung der Erdkugel zur Anziehung der Kugel ODE wie $\frac{R^3}{R^2} \cdot \frac{r^3}{r^2}$, folglich wie $R:r$, abgesehen von der ungleichen Dichtigkeit. Die Pendellängen und Fallhöhen sind also

im Innern der Erde geringer als an der Oberfläche und haben an dieser letztern ein Maximum. — Wäre *O D E* eine concentrische Hohlkugel, so würde weder im Punkte *O* noch in irgend einem andern Punkte ihres Raumes eine Gravitation sich wirksam erweisen, sondern sie sämmtlich sich aufheben, und hier wäre also wirklich ein constantes Schweben der Körper möglich.

§. 59.

Wir haben im Bisherigen die Körper als von der Anziehungskraft allein afficirt betrachtet: es kommt jetzt darauf an, diejenigen Bewegungen kennen zu lernen, welche durch die vereinigte Wirkung der Schwerkraft und einer ursprünglichen geradlinig und gleichförmig gedachten Bewegung hervorgehen, wie sie an den Weltkörpern sich zeigen. Häufig hat man diese ursprüngliche Bewegung Centrifugalkraft genannt, und im Gegensatz zu ihr die Schwerkraft als Centripetalkraft bezeichnet, was aber Unbequemlichkeiten und Missverständnisse herbeizuführen geeignet ist. Diese Centrifugalkraft ist nicht immer und nothwendig eine den Mittelpunkt fliehende und noch weniger ist ihre Richtung der der Centripetalkraft entgegengesetzt. Der Ausdruck Tangentialkraft ist passender und drückt die Richtung derselben bestimmter und schärfer aus; es ist jedoch richtiger, sie gar nicht als besondere Kraft zu bezeichnen, da sie nicht wie die Schwerkraft in jedem Augenblick aufs neue wirkt, sondern eher als ein ursprünglicher Impuls (Stoss) betrachtet werden kann, der selbst nur ein einziges Mal stattfand und sich nicht weiter wiederholt, dessen Wirkung aber gleichwohl und zwar constant fortdauert, so dass als eigentliche Kraft nur die Attraction selbst übrig bleibt. Wir werden diese „Centrifugalkraft“ stets als ursprüngliche (primäre) Bewegung bezeichnen.

§. 60.

Wenn ein Körper gleichzeitig durch zwei verschiedene Impulse nach zweien Richtungen hin bewegt wird, so beschreibt er die Diagonale eines Parallelogramms, dessen Seiten die beiden Bewegungen, welche er gemeinschaftlich macht, einzeln nach Lage und Richtung darstellen.

(Fig. 31.) Sei der Körper ursprünglich in *A* einer der beiden Impulse führte ihn von *A* nach *B*, der andre gleichzeitig von *A* nach *C*, so wird er, beiden folgend in derselben Zeit einen Punkt *D* erreichen, den er ebenfalls erreicht haben würde, wenn die beiden Impulse nicht gleichzeitig gewirkt hätten, sondern der eine ihn zuerst von *A* nach *B* geführt, und hierauf der andre in einer *A C* parallelen Richtung von *B* aus gewirkt hätte. Man erhält also den Punkt *D*,

wenn man, nachdem *A B* und *A C* nach Länge und Richtung gegeben sind, das Parallelogramm vollendet. Man nennt ès deshalb das Parallelogramm der Kräfte.

Ein ähnliches Resultat erhält man, wenn ein Körper von dreien oder noch mehreren Impulsen gleichzeitig in Bewegung gesetzt wird. Man verbinde in diesem Falle erst zwei Bewegungen *A B* und *A C* zu einer zusammengesetzten *A D*, diese auf gleiche Weise mit einer dritten, die so erhaltene zusammengesetzte mit einer vierten u. s. w.

Sind die beiden Bewegungen, welche man zu einer einzigen zusammensetzen will, der Richtung nach gleich, so wird die susammengesetzte die Summe beider und fällt in dieselbe Richtung. Sind die beiden Richtungen genau entgegengesetzt, so bewegt sich der Körper mit der Differenz beider nach derjenigen Seite, wohin die stärkere Bewegung geht, und wären beide gleich gross und dabei entgegengesetzt, so bliebe der Körper in Ruhe. Für diese beiden Fälle bietet indess die Astronomie kein Beispiel.

Wie hier aus zweien oder mehreren Kräften eine zusammengesetzte gebildet wird, so kann man auch umgekehrt jede Kraft nach zweien oder mehreren Richtungen zerlegen, so *A D* in die beiden *A B* und *B D*, die entweder normal auf einander stehen oder auch schiefe Winkel bilden, je nachdem der Zweck es erfordert. Die Zerlegung der Kräfte und Bewegung in Coordinaten findet in allen astronomischen Theorien die allgemeinste und mannigfaltigste Anwendung; am häufigsten kommen Zerlegungen in drei Coordinaten nach den drei Dimensionen des Raumes vor*).

§. 61.

Befindet sich dagegen unter den beiden Bewegungen, die sich zu einer einzigen zusammensetzen, eine an Geschwindigkeit zunehmende, während die andre eine gleichmässige Geschwindigkeit behält, so kann die zusammengesetzte Bewegung keine gerade Linie bleiben, sondern es entsteht eine Curve von grösserem oder geringerem Halbmesser, gleicher oder ungleicher Krümmung, je nach der Richtung und dem Verhält-

*) Sei die lineäre Grösse einer Kraft, Bewegung, Distanz u. dgl. r, die Länge und Breite (oder Geradeaufsteigung und Abweichung) λ und β, und man will r in seine 3 rechtwinklichten Raumcoordinaten, auf die Ebene bezogen, für welche λ und β gelten, zerfällen, so sind diese, gewöhnlich durch x, y, z bezeichnet:

$$x = r \cos\beta \cos\lambda$$
$$y = r \text{ cas } \beta \cos\lambda$$
$$z = r \sin\beta$$

wo dann jedesmal $r = \sqrt{(x^2 + y^2 + z^2)}$ ist.

niss der beiden Bewegungen der beiden Bewegungen. Dieser Fall ist uns in den Bahnen der Weltkörper gegeben, wo eine ursprüngliche Bewegung ähnlich derjenigen, welche ein Körper im leeren Raume durch einen einmaligen Stoss erhalten würde, sich mit einer andern zusammensetzt, die von einer fortwährenden Kraft (der Schwerkraft) erzeugt wird. (Es wird hiermit keinesweges behauptet, dass ein wirklicher materieller Stoss im ersten Anfange stattgefunden habe, sondern nur die Art der Wirkung durch diesen Vergleich bezeichnet. Ein Schwung statt eines Stosses kann eben so gut gesetzt werden, und überhaupt sollen die Namen, welche wir den Kräften beilegen, nie ihr inneres Wesen bezeichnen. Ein Vorbehalt, den *Newton* zwar in ausdrücklichen Worten gemacht hat, den aber dennoch Viele, die an *Newton* und seiner Theorie allerlei auszusetzen fanden, ignorirt haben. Es ist für die Astronomie ganz gleichgültig, ob und welche sinnliche Vorstellung wir uns von den bewegenden Kräften machen: die Entwickelung der Gesetze dieser Bewegungen hängt gar nicht von den metaphysischen Ideen ab, die man sich über die Attraktion u. s. w. gebildet hat.)

(Fig. 32.) Es sei *A B* die eine der ursprünglichen Bewegungen eines Körpers, vom Punkte *A* anfangend und in gleichen Zeiten gleiche Räume *A* 1, 1 . . 2, 2 . . 3 u. s. w. beschreibend. Die andre der beiden Bewegungen befolge dagegen das Gesetz des freien Falles, wie er durch eine von *A* nach *C* hin wirkende Gravitation erzeugt werden würde, sie sei also ungleichförmig und wachsend, so dass der Körper in den gleichen auf einander folgenden Zeiträumen die Punkte 1, 2, 3, 4 u. s. w. auf *AC* einnehmen würde, wenn die Gravitation allein wirkte. Die Zusammensetzung beider Bewegungen wird ihn folglich am Ende des ersten Zeitraums nach I, am Ende des zweiten nach II und so weiter führen. Die Punkte O, I, II, III. . . . . VII gehören aber keinesweges einer gebrochenen Linie an, denn dies würde voraussetzen, dass die Bewegung auf *AC* innerhalb jedes der einzelnen Räume gleichförmig gewesen und nur in den genannten Punkten gleichsam stossweise gewachsen sei, sondern da die Geschwindigkeit in beständiger Zunahme ist, so muss sich auch die Richtung der durch die Punkte I, II, III . . . . gezogenen Linie beständig ändern, sie wird folglich eine Curve sein.

Die Richtung der Kraft, welche den Körper freifallend von *A* nach *C* führen würde, kann aber bei der zusammengesetzten Bewegung nicht dieselbe bleiben, wenn der Punkt, gegen welchen der Fall gerichtet ist, nicht in unendlicher Entfernung von *A* liegt, vielmehr werden diese Richtungen mit einander convergiren

und mit den Radienvectoren zusammenfallen. Will man daher die Gestalt der Curve, welche durch die Zusammensetzung der Bewegung ensteht, näher betrachten, so wird dieser Umstand zu berücksichtigen sein.

§. 62.

(Fig. 33.) Es befinde sich demnach ein Körper in A, der innerhalb ein[illegible] Zeiteinheit vermöge der ursprünglich gleichförmigen (Tangenti[illegible]) Bewegung von A nach B in einer auf AS normalen Richtung [illegible] sich bewegen würde, S der Punkt in welchem die anziehende Kraft [illegible] ihren Sitz hat, und $An = BB'$ die Grösse um welche der Körper in [illegible] der Zeiteinheit gegen S hin freifallend sich bewegen würde, so wir[illegible] AB' die zusammengesetzte, von ihm wirklich beschriebene, Curve [illegible] sein. Hier angekommen, wird er sich mit der erlangten Geschwin[illegible]igkeit nach C zu bewegen streben, die fortwährende Wirkung der Schwerkraft aber versetzt ihn statt dessen nach C'. So geht es [illegible] weiter fort und der Körper wird nach und nach die Punkte D', E' . . . . einnehmen.

Ist AB, wie oben angenommen, normal an AS, und ist $An = SB - SA$, so dass $SB' = SA$ wird, so hat sich die Entfernung des Körpers von S nicht geändert, eben so ist seine Geschwindigkeit gleich geblieben und er beschreibt also in der nächsten Zeiteinheit eine aus $B'C$ und CC' zusammengesetzte Curve $B'C'$, welche, da $B'C = AB$ und $CC' = BB'$, der vorhin beschriebenen AB' gleich sein wird. Man sieht leicht, dass unter den vorstehenden Annahmen dies so fortgeht, und dass die Curve $AB'C'D'E'$ . . . . ein mit gleichförmiger Geschwindigkeit um S als Mittelpunkt beschriebener Kreis sein wird.

Allein beide obige Annahmen finden nicht nothwendig statt. AB kann gar wohl einen schiefen Winkel mit AS machen, und wenn dies auch in irgend einem Punkte nicht stattfände, so könnte gleichwohl An grösser oder kleiner als $SB - SA$ sein. Ist $An > SB - SA$, so wird $SB' < SA$, der Körper hat sich also auf seinem Wege dem Punkte S genähert und er wird stärker als vorhin angezogen, wodurch er sich ihm bei fortgesetzter Bewegung noch mehr nähern muss. Ist dagegen $An < SB - SA$, so ist auch $SB' > SA$, der Lauf des Körpers hat ihn also von S weiter entfernt und die Wirkung der Schwerkraft wird in Folge dessen schwächer werden.

Man sieht leicht, dass in den beiden letztern Fällen kein Kreis entstehen kann, da dieser ein Gleichgewicht zwischen beiden Bewegungen, wie es in der Bedingung $An = SB - SA$ ausgesprochen ist, voraussetzt. Betrachten wir demnach diesen Fall etwas näher.

(Fig. 34.) Ein Körper A werde durch die Tangentialbewegung nach AB, durch die Schwerkraft nach An geführt, und es

sei $An < SB - SA$, so wird B' näher an S liegen als A, und er wird nun nach der Tangente $B'C$ fortstrebend, durch die Schwerkraft nach C' geführt. Das Stük CC' ist grösser als BB' da C' näher an S liegt als B'. Eben so wird D' näher an S liegen als C' und DD' wird abermals gegen CC' gewachsen sein u. s. w.

Allein man sieht leicht, dass diese Zunahme der Anziehung nicht die einzige Folge des mangelnden Gleichgewichts ist, dass vielmehr auch $B'C > AB$, $C'D > B'C$ u. s. w. sein müsse. Da nämlich die Tangenten, wenn die Curve kein Kreis ist, nicht mehr rechtwinklicht auf den Radienvectoren stehen, so bald Zu- oder Abnahme der Entfernung eintritt, so stehen die Bögen $B'C'$, $C'D'$ u. s. w. der gemischtlinigen Dreiecke $B'CC'$, $C'DD'$ u. s. w. auch schiefen (und in unserm jetzigen Falle stumpfen) Winkeln gegenüber. Diese Bögen sind also grösser als die ihnen entsprechenden Tangenten, erfordern also um in gleicher Zeit zurückgelegt zu werden grössere Geschwindigkeit, und mit dieser erlangten grösseren Geschwindigkeit strebt der Körper weiter. Die Schnelligkeit der Bewegung muss also stetig wachsen, so lange der Winkel der Tangente mit dem Radiusvector ein stumpfer Winkel ist.

Diese fortgesetzte Zunahme der Geschwindigkeit wird aber endlich dahin führen, dass die beiden Bewegungen wirklich ins Gleichgewicht kommen. Etwa in der Gegend von H' sind GH und HH' so gegen einander abgemessen, dass, wäre die Richtung der Tangente normal auf dem Radius Vector, von hier ab eine Kreisbewegung eintreten würde. Allein die schräge Richtung der Bewegung veranlasst, dass die Verminderung der Entfernung von S, und damit die Zunahme der Geschwindigkeit, hier ihre Grenze noch nicht erreicht, sondern das von hier ab stattfindende Uebergewicht der Tangentialbewegung nur dazu beiträgt, die schräge Richtung der normalen näher zu bringen. Es muss deshalb einen Punkt L' geben, in welchem diese normale Richtung erreicht wird; hier aber hat die Tangentialbewegung ein grosses Uebergewicht über die Attraction und wird also von jetzt dazu beitragen, den Körper wieder mehr von der Sonne zu entfernen. Dabei entstehen spitze Winkel der Tangenten und des Radius Vector, die diesen spitzen Winkeln gegenüberliegenden Bögen werden kleiner als die ihnen entsprechenden Tangenten, die Bewegung verlangsamt sich und es erfolgt in umgekehrtem Sinne, was auf dem Wege von A nach L' erfolgte.

Die auf diese Weise beschriebene Curve wird also gegen die Linie AL' (ihre grosse Axe) symmetrisch und sie kehrt in sich zurück. Sie ist (wie in der höheren Analysis nachgewiesen wird) eine Ellipse, und *Kepler* war der Erste, der diesen

Satz für Planetenbahnen aus den Beobachtungen, insbesondere denen der Marsbahn, darthat.

Die Bewegung in der Ellipse ist demnach am schnellsten im Perihelio, am langsamsten im Aphelio; sie ist ferner zwischen beiden Punkten stetig zu- und in der andern Hälfte der Bahn stetig abnehmend. Die mittlere Geschwindigkeit findet beiläufig auf halbem Wege zwischen Perihel und Aphel, an den beiden Enden der kleinen Axe, statt.

§. 63.

Die Zunahme der Geschwindigkeit beim Näherrücken an den Centralkörper kann noch auf einem andern einfachen Wege dargethan und dadurch zugleich das Gesetz derselben näher bestimmt werden.

(Fig. 35.) Man denke sich den umlaufenden Körper in A, in S den Centralpunkt der Schwerkraft, und AB sei der Weg, den der Körper ohne Einwirkung der Schwerkraft zurückgelegt hätte, während diese ihn nach n führt. Er beschreibt also die Diagonale AB' des Parallelogrammes $ABB'n$ (wir nehmen AB gegen AS so klein an, dass die Krümmung der Linie AB' sowohl als die Veränderung der Richtung der Gravitation von unmerklichem Einflusse ist), und es ist nach geometrischen Gründen das Dreieck $ABS = AB'S$. Jenes ist der Flächenraum, welchen der Radius Vector ohne Einwirkung der Schwerkraft beschrieben haben würde, dieses das, was er wirklich beschreibt. — Mit der in B' erlangten Geschwindigkeit strebt der Körper weiter, es wird also $B'C = AB'$ und $\triangle\ AB'S = B'CS$. Die Schwerkraft führt ihn, statt nach C, nach C' und es ist wiederum $B'C'$ die Diagonale eines Parallelogrammes $B'CC'm$, so dass auch hier $\triangle\ B'CS = \triangle\ B'C'S$ ist. So fortgehend wird man immer auf Dreiecke kommen, die wegen Gleichheit ihrer Grundlinien und Höhen gleich sind, und da nun

$$ABS = AB'S$$
$$AB'S = B'CS$$
$$B'CS = B'C'S \text{ u. s. w.}$$

und diese Dreiecke gleichen Zeiträumen angehören, so verhalten sich die vom Radius Vector eines umlaufenden Körpers zurückgelegten Flächenräume wie die Zeiten, in denen sie zurückgelegt werden. Die Grösse dieser Flächenräume hängt vom Radius Vector und dem durchlaufenen Bogen ab: wird demnach ersterer kleiner, so muss letzterer (für gleiche Zeiträume) grösser werden, was wir bereits im §. 62. durch eine andre Betrachtung im Allgemeinen gefunden haben.

Ist die Richtung der Bewegung auf dem Radius Vector

normal, was im Aphel und Perihel stattfindet, so verhält sich die Geschwindigkeit umgekehrt wie die Entfernung. Steht also der umlaufende Körper im Aphel 10 mal so weit als im Perihel vom Centralkörper, so wird seine Geschwindigkeit im erstern nur $^1/_{10}$ von der Geschwindigkeit im letztern sein.

Ist die Richtung der Bewegung nicht normal auf dem Radius Vector, so wird man sie sich in 2 Richtungen zerfällen können, deren eine in die Richtung des Radius Vector selbst fällt und die andre darauf normal steht, und die Geschwindigkeiten nach dieser letztern Richtung werden sich dann gleichfalls verhalten, wie die Radien Vectoren umgekehrt.

Der Winkel der Bewegung mit dem Radius Vector sei m, die Geschwindigkeit g, der Radius Vector r, so ist $g \sin m$ die auf dem Radius Vector normale, und $g \cos m$ die in seine Richtung fallende Coordinate der Bewegung, und wenn nun dieselben Grössen für einen andern Punkt mit m', g', r' bezeichnet werden, so wird

$$g \sin m : g' \sin m' = r' : r$$

folglich $gr \sin m = g' r' \sin m'$, also $gr \sin m =$ einer Constante.

Dieses Gesetz ist gleichfalls von *Kepler* auf empirischem Wege, hauptsächlich durch die Beobachtungen des Mars, gefunden und später von *Newton* aus dem Gesetz der Schwere analytisch entwickelt worden.

§. 64.

Es ist bereits oben (§. 48.) erwähnt worden, dass zwischen den Entfernungen und Umlaufszeiten bei verschiedenen um denselben Centralkörper kreisenden Planeten u. s. w. ein Verhältniss bestehe, welches uns gestattet, eins aus dem andern zu finden, und es wird jetzt darauf ankommen, dieses Verhältniss nachzuweisen und aus dem Gesetz der Schwere abzuleiten. Wir beschränken uns indess hier um so mehr auf Kreisbahnen, als es bei elliptischen Bahnen doch nur von der mittleren Entfernung gültig ist und der Nachweis für letztere auf weit grössere Schwierigkeiten führt, als im Plan dieses Werkes liegen.

(Fig. 36.) Es sei die Sonne in S, ein Planet p stehe in a in einer Distanz $aS = r$, ein zweiter P im Punkte A und seine Distanz AS sei $= R$. Nach dem Gesetz der Schwere werden die beiden Planeten von der Sonne innerhalb des gleichen Zeitraums nach N und n gezogen, welche beide Punkte so angenommen werden müssen, dass $AN : an = r^2 : R^2$. Sollen beide Bahnen Kreisbahnen sein, so müssen die Tangentialbewegungen AB und ab zur Schwerkraft in einem solchen Gleich-

gewichtsverhältnisse stehen, dass die Punkte C und c, wohin die Planeten p und P in der gleichen Zeit geführt werden, von S in denselben Entfernungen stehen wie A und a. Es müssen folglich AN und an die Sinus versus der Bögen AC und as sein, und für sehr kleine Bögen (es hindert uns aber nichts, eine Bahn in so kleine Theile getheilt zu denken als man immer will) verhalten sich für gleiche Kreise die Sinus versus wie die Quadrate der zugehörigen Bögen; es ist also an dem Quadrat von ac und AN dem von AC proportional.

Für die beiden verschiedenen Kreise lässt sich dies Verhältniss jedoch nur dann gültig aufstellen, wenn man sowohl die Sinus versus als die Bögen in ihrem Verhältniss zum Radius betrachtet, und es ist demnach

$$\frac{AN}{R} : \frac{an}{r} = \frac{AC^2}{R^2} : \frac{ac^2}{r^2}$$

oder

$$AN : an = \frac{AC^2}{R} : \frac{ac^2}{r} \quad \ldots (1)$$

Nun aber ist nach dem Vorigen $AN : an = r^2 : R^2$, setzen wir diese Proportion mit der in (1) gefundenen zusammen so erhalten wir

$$r^2 : R^2 = \frac{AC^2}{R} : \frac{ac^2}{r}, \text{ also}$$

$$r.ac^2 = R.\ AC^2, \text{ oder } AC^2 = ac^2.\ \frac{r}{R}$$

Es ist aber der ganze Umfang des innern Kreises $2\,r\,\pi$, der des äussern $2\,R\,\pi$, der Planet p wird also $\frac{2\,r\,\pi}{ac}$ und der Planet P . . . . $\frac{2\,R\,\pi}{AC}$ solcher Zeiteinheiten gebrauchen, als zu ac und AC beziehungsweise gehören. Seien die Umlaufszeiten t und T, so haben wir

$$t : T = \frac{r}{ac} : \frac{R}{AC} \quad \ldots \ldots (2)$$

Man erhebe die Proportion (2) ins Quadrat, so wird erhalten

$$t^2 : T^2 = \frac{r^2}{ac^2} : \frac{R^2}{AC^2},$$

und nun für AC^2 den oben gefundenen Werth gesetzt

$$t^2 : T^2 = \frac{r^2}{ac^2} : \frac{R^3}{r.ac^2},$$

folglich, die Nenner gehoben,

$$t^2 : T^2 = r^3 : R^3 \quad \ldots (3)$$

Also verhalten sich die Quadrate der Umlaufszeiten wie die Cuben der Entfernungen bei Kreisbahnen

und wie die Cuben der mittleren Entfernungen bei elliptischen Bahnen. Kennt man folglich aus Beobachtungen die Umlaufszeiten aller Planeten und die Entfernung eines einzigen p, so sind t, T und r bekannte Grössen und man hat

$$R = r. \sqrt[3]{\frac{T^2}{t^2}}.$$

Kennt man umgekehrt die sämmtlichen Entfernungen und nur die Umlaufszeit eines einzigen, so sind r, R und t bekannt und man wird haben

$$T = t \sqrt[2]{\frac{R^3}{r^3}}.$$

Wären endlich nur die Umlaufszeiten, hingegen keine Entfernung bekannt, so hätte man wenigstens das Verhältniss dieser letztern durch die Proportion

$$R : r = \sqrt[3]{T^2} : \sqrt[3]{t^2}.$$

Auch dieses Gesetz ist von *Kepler* (am 15. Mai 1618) aus der Vergleichung der beiläufig bekannten Distanzen mit den beobachteten Umlaufszeiten abgeleitet, und von *Newton* theoretisch bewiesen worden. Mann nennt diese in §. 62—64 entwickelten Regeln die drei Keplerschen Gesetze. Er gab sie blos für Planeten, ihre Allgemeingültigkeit für alle Bahnen ist aber seit seiner Zeit nicht allein durch sämmtliche Beobachtungen bestätigt, sondern auch theoretisch aus dem Newtonschen Gesetz nachgewiesen worden, wie hier im Allgemeinen gezeigt worden ist.

§. 65.

Der letztere Fall, wo die Entfernungen sämmtlich unbekannt sind, tritt eigentlich in der Astronomie jedesmal ein, denn obgleich wir z. B. die Distanz der Erde von der Sonne, in einem bekannten linearen Maasse z. B. Meilen oder Erdhalbmessern ausgedrückt, jetzt mit weit grösserer Annäherung an die Wahrheit kennen, als dies früher der Fall war, so steht doch die Genauigkeit dieser Bestimmungen derjenigen weit nach, welche wir in Bezug auf die Umlaufszeiten durch directe Beobachtungen erreichen können. Die Entfernung der Erde von der Sonne ist gegenwärtig, nach *Encke's* Rechnungen, etwa um ihren 200ten Theil oder nahe um 100000 Meilen unsicher, wogegen die Umlaufszeit der Erde nicht mehr um ihren 100000000ten Theil oder um ⅓ Sekunde unsicher ist, und wir die Umlaufszeiten der übrigen Planeten mit ähnlicher Genauigkeit angeben können. Man setzt demnach die mittlere

Entfernung der Erde von der Sonne = 1, d. h. man macht sie zum Maasstabe für alle übrigen Distanzen, setzt eben so das Jahr der Erde = 1, und erhält unter diesen Annahmen aus der letzten der obigen Proportionen

$$R : 1 = \sqrt[3]{T^2} : 1$$

folglich

$$R = \sqrt[3]{T^2}.$$

Auf diese Weise sind aus den Umlaufszeiten der Planeten ihre mittleren Entfernungen bestimmt worden, und man sieht, warum in den §. 48. aufgeführten Planetenelementen beide Angaben als von einander abhängig, mithin nur als ein Element, dargestellt sind. Indess gilt die oben gegebene Form des Gesetzes der Strenge nach nur für die gleiche anziehende Masse, diese ist nun zwar für alle Planeten dieselbe, wenn wir nur die Anziehung der Sonne betrachten, da aber die Attraction stets eine gegenseitige ist und z. B. Jupiter die Sonne eben sowohl anzieht, die diese ihn, so liegt der gemeinschaftliche Schwerpunkt der Anziehung auch nicht mehr im Centro der Sonne, sondern ausserhalb desselben nach der Seite des Planeten zu. Sei M die Masse der Sonne und μ die des Planeten, so wird der Schwerpunkt S auf der geraden Linie zwischen C, dem Mittelpunkte der Sonne, und c, dem des Planeten, liegen, und zwar wird $SC : Sc = \mu : M$, folglich $Cc : Sc = M + \mu : M$ sein. Aus letzterer Proportion folgt $Cc = Sc \cdot \frac{M + \mu}{M} = Sc\left(1 + \frac{\mu}{M}\right)$. Ist μ, wie es gewöhnlich geschieht, schon in Theilen der als Einheit gesetzten Sonnenmasse ausgedrückt, folglich ein ächter Bruch, so wird $Cc = Sc\,(1 + \mu)$. Da nun Cc die wahre mittlere Entfernung der beiden Körper ist, und in der eben angeführten Keplerschen Proportion $R : r = \sqrt[3]{T^2} : \sqrt[3]{t^2}$ sich R und r auf die Entfernung des Planeten vom Schwerpunkt der Bewegung, also Sc, beziehen, so muss, wenn sie für die wahren Entfernungen, die wir mit R' und r' bezeichnen wollen, gültig bleiben soll, die Proportion so ausgedrückt werden:

$$R' : r' = (1 + \mu)\sqrt[3]{T^2} : (1 + \mu_{,})\sqrt[3]{t^2}$$

wo μ und $\mu_{,}$ die Massen der beiden Planeten bezeichnen, auf welchen die Grössen T und t sich beziehen. Daher gehört,

wenn man streng verfahren will, μ unter die zur Bestimmung der Bahn nothwendigen Elemente.

In den meisten Fällen ist μ sehr klein; so ist im Planetensystem unserer Sonne μ stets kleiner als $1/1000$ und für einige Planeten selbst kleiner als $1/1000000$; ja für die 69 kleinen zwischen Jupiter und Mars kreisenden Planeten, so wie für sämmtliche bisher bekannte Kometen ohne Ausnahme muss μ = Null gesetzt werden, da keiner dieser Körper bis jetzt eine im Verhältniss zur Sonnenmasse irgend merkliche Masse gezeigt hat. Eben so ist in den Mondensystemen, so weit wir sie kennen, μ ein fast verschwindender Bruch und nur allein die Masse unsers Mondes ist $= 1/81$ der Erdmasse, folglich nicht zu vernachlässigen.

§. 66.

Ist durch die wahrgenommene Umlaufszeit, nöthigenfalls unter Zuziehung von μ, die Entfernung bestimmt worden, so kann man aus beiden die Geschwindigkeit des Planeten, d. h. die Bewegung in einer Zeiteinheit, berechnen. Die Geschwindigkeiten G und g sind gleich den Räumen dividirt durch die Zeiten, also $G = \frac{2R\pi}{T}$ und $g = \frac{2r\pi}{t}$, folglich

$$G : g = \frac{R}{T} : \frac{r}{t}.$$

Diese Proportion ins Quadrat erhoben, und mit der obigen §. 64. (3) gegebenen verbunden, giebt

$$G^2 : g^2 = r : R$$

folglich

$$G : g_2 = \sqrt{r} : \sqrt{R}$$

d. h. die Geschwindigkeiten verhalten sich wie die Quadratwurzeln aus den Entfernungen umgekehrt. Steht also z. B. ein Planet 9 mal so weit von der Sonne als die Erde, so wird er nur $1/3$ ihrer Geschwindigkeit zeigen. Für $\sqrt{r} : \sqrt{R}$ aber kann man nach den in §. 64. aufgeführten Proportionen $\sqrt[3]{t} : \sqrt[3]{T}$ setzen, daher ist auch

$$G : g = \sqrt[3]{t} : \sqrt[3]{T}$$

oder die Geschwindigkeiten verhalten sich wie die Cubikwurzeln aus den Umlaufszeiten umgekehrt. Ein Planet von 64 Jahren Umlaufszeit würde sich also nur mit $1/4$ der Erdgeschwindigkeit um die Sonne bewegen.

Diese Geschwindigkeit gilt direkt nur für kreisförmige Bahnen, für elliptische u. a. muss man den bestimmteren Ausdruck mittlere Geschwindigkeit setzen. Wir haben oben

§. 62. gesehen, dass wenn der Körper in demjenigen Punkte seiner Bahn, wo die Tangente rechtwinklicht auf dem Radius Vector steht, eine grössere Geschwindigkeit hat als diejenige, welche eine Kreisbahn erzeugen würde, der gedachte Punkt der Bahn zum Sonnennähepunkt wird und dass von ihm aus der Körper sich weiter von der Sonne entfernt. Das Uebergewicht der Geschwindigkeit kann so gross gedacht werden, dass der Körper gar kein Maximum seines Abstandes erreicht, sondern sich immer weiter entfernt, ohne je zurückzukehren und die Bahn zu schliessen, und die Analysis zeigt uns, dass dies stattfinde, wenn die Geschwindigkeit im Punkte P diejenige, welche die Kreisbahn erzeugen würde, im Verhältniss von $1 : \sqrt{2}$ oder einem noch stärkeren übertrifft. Man nenne den kleinsten Abstand q und nehme die Entfernung der Erde von der Sonne, so wie ihre mittlere Geschwindigkeit, als Einheiten an, so lassen sich folgende Sätze aufstellen.

Wenn in dem Punkte der Bahn, welcher dem Abstande q entspricht, $g = \frac{1}{\sqrt{q}}$ ist, so wird die Bahn ein Kreis mit dem constanten Radius q.

Ist g grösser als $\frac{1}{\sqrt{q}}$, aber kleiner als $\sqrt{\frac{2}{q}}$ so wird die Bahn eine Ellipse und der Körper kehrt nach einer bestimmten Umlaufsperiode wieder zum Anfangspunkte zurück.

Ist $g = \sqrt{\frac{2}{q}}$ so wird die Bahn eine Parabel und es findet keine Rückkehr statt, oder die Umlaufszeit ist unendlich.

Ist endlich g grösser als $\sqrt{\frac{2}{q}}$, so wird die Bahn eine Hyperbel, in welcher, wie in der Parabel, eine Rückkehr zum Anfangspunkte nicht stattfindet.

Der Fall, wo g kleiner als $\frac{1}{\sqrt{q}}$, findet hier keine Anwendung, denn aus §. 62. geht hervor, dass der umlaufende Körper sich der Sonne nähert, sobald die Geschwindigkeit kleiner ist als die normale für den Kreis, und dass also q nicht der kleinste Abstand wird, was obiger Annahme widerspricht.

Man kann die Geschwindigkeit der linearen Bewegung in einer *Kepler*'schen Ellipse aus den Bahnelementen in jedem Punkte, und zwar durch eine einfache Formel genau bestimmen. Es bezeichne r den Radius Vector, a die halbe grosse Axe, τ die Umlaufszeit und k eine Constante, die für das ganze System desselben Centralkörpers gültig ist und von der Masse

desselben abhängt, und nimmt man für r und a den mittleren Erdabstand, für k dagegen die Zeitsekunde und die geographische Meile zur Einheit, so findet sich für das Sonnensystem $k = 2{,}044$. Setzt man nun

$$\mu = \frac{4\, k^2\, a^3}{\tau^2}$$

so erhält man für die Geschwindigkeit s beim Radius vector r den Ausdruck

$$s = \sqrt{\mu \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a}\right)}$$

Hat man also r nach der §. 64 gegebenen Formel berechnet, so findet man auch s und übersieht zugleich, dass die Veränderlichkeit von s durch die von r bedingt sei.

§. 67.

Theoretisch betrachtet, steht der Annahme nichts entgegen, dass zu jeder dieser 4 Hauptformen der Bahnen sich Beispiele vorfinden können. Die Werthe, welche sich für g im Kreise und der Parabel ergeben, sind festbestimmte, und sie lassen, sobald q bestimmt ist, keinen Spielraum mehr zu. Dagegen sind alle Bahnen, die zwischen Kreis und Parabel fallen, elliptische; alle jenseit der Parabel hingegen hyperbolische; beide Formen gestatten also einen beträchtlichen Spielraum, und betrachtet man alle Werthe für g als gleich möglich, so ist die Wahrscheinlichkeit einer genau kreisförmigen oder parabolischen Bahn unendlich gering gegen die einer elliptischen und hyperbolischen. Und in der That wenn in der Astronomie einige Bahnen (z. B. der beiden innersten Jupitersmonde) als kreisförmige, andre (die meisten Kometenbahnen) als parabolische aufgeführt werden, so heisst dies nichts weiter, als dass wir nicht im Stande sind, die jedenfalls geringe Abweichung vom Kreise oder der Parabel aus den Beobachtungen mit Sicherheit zu erkennen. Auch wird die Praxis, bei der Unmöglichkeit absolut genauer Beobachtungen, diese Frage stets unentschieden lassen müssen und sie kann nur die Grenzen angeben, innerhalb deren die sehr kleine Abweichung von Kreis oder Parabel noch fallen könne; ja man wird behaupten müssen, dass beide Bahnformen nur momentan existiren können, da die gegenseitigen Störungen der Himmelskörper sie fortwährend, wenn auch noch so wenig, verändern. Was jetzt Kreisbahn ist, verwandelt sich schon im nächsten Momente in eine Ellipse von unendlich geringer Excentricität; was Parabel ist, wird eben so entweder in die elliptische, oder in die hyperbolische Form permutirt.

Hiernach scheint es, als habe die Praxis nur zwischen Ellipse und Hyperbel zu entscheiden, und da der Spielraum für g in der Ellipse $\left(g > \frac{1}{\sqrt{q}} \text{ bis } g < \sqrt{\frac{2}{q}}\right)$ beiderseitig, der für die Hyperbel $\left(g > \sqrt{\frac{2}{q}}\right)$ aber nur einseitig begrenzt ist und man in ihm g so gross setzen kann als man will, so liegt die Folgerung nahe, dass die hyperbolischen Bahnen am häufigsten vorkommen, die elliptischen beträchtlich seltener, und die parabolischen und kreisförmigen vollends nur als momentane Durchgangsformen sich zeigen müssten. Aber sehr gewichtige Gründe sprechen für die Annahme, dass alle Bahnen geschlossene seien; von den Planetenbahnen ist es wenigstens gewiss. Ausführlicher wird sich dieser Umstand erörtern lassen, wenn wir zu den Kometen gelangen werden; vorläufig haben wir es nur mit solchen Bahnen zu thun, die mit völliger Bestimmtheit als elliptische anzunehmen sind.

§. 68.

In den bisherigen Betrachtungen waren die Ausdrücke Bewegung und Geschwindigkeit auf lineäre Grössen bezogen worden; es handelte sich darum, welchen Weg ein Körper innerhalb einer gegebenen Zeit wirklich zurücklege, ohne Beziehung auf einen besonderen Standpunkt des Beschauers. Der Maassstab kann aber auch ein solcher sein, der von einem gegebenen Standpunkte abhängig ist, d. h. man kann angeben, unter welchem Winkel eine Bewegung, von einem gegebenen Orte aus gesehen, erscheine. Diese Winkelgeschwindigkeit ist also stets eine relative, und der wirklichen nur dann durchweg proportional, wenn die Bahn ein Kreis und der Standpunkt im Mittelpunkte desselben angenommen ist. Bleibt hingegen die Distanz sich nicht gleich, so kann aus einem doppelten Grunde jene Proportionalität nicht stattfinden: der gleiche lineäre Raum wird unter einem kleineren Winkel erscheinen sowohl bei grösserer Entfernung, als auch bei schrägerer Ansicht. Die mittlere Winkelgeschwindigkeit (mittlere tägliche Bewegung, wenn man den Tag als Einheit setzt) erfordert nur die Berücksichtigung der Umlaufszeit; ist letztere $= T$ Tage, so ist die mittlere tägliche Bewegung $= \frac{360^0}{T}$; und umgekehrt; wenn die mittlere tägliche Bewegung $= v$ ist, so währt der Umlauf $\frac{360^0}{v}$ Tage. Häufig wird deshalb statt des

Umlaufs und der Entfernung nur diese mittlere tägliche Bewegung als Element der Bahn aufgeführt.

In den Endpunkten der grossen Axe verhalten sich, wie wir gesehen haben, die wirklichen Geschwindigkeiten wie die Entfernungen vom Centralkörper umgekehrt; steht also der Planet im Aphelio $n$mal weiter von der Sonne als im Perihel, so ist seine Bewegung im Aphel nur $\frac{1}{n}$ derjenigen, die er im letzteren Pnnkte zählt. Aber diese Bewegung erscheint von der Sonne aus, der grössern Entfernung wegen, unter einem $n$mal kleineren Winkel, als die gleiche Quantität im Perihel erscheinen würde. Würde also die Winkelgeschwindigkeit im Perihel als Einheit gesetzt, so würde die im Aphel durch $\frac{1}{n} \cdot \frac{1}{n} = \frac{1}{n^2}$ ausgedrückt werden müssen.

Man kann aber den Satz, dass sich für denselben Körper die Winkelgeschwindigkeit umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung verhalte, allgemein für alle Punkte der Bahn beweisen, da er aus dem Gesetze der gleichen Flächenräume in gleichen Zeiten direkt folgt, die Tangente der Bewegung möge nun einen rechten oder schiefen Winkel mit dem Radius vector machen.

(Fig. 37.) Man denke sich ein Dreieck SAB, und es sei die Grundlinie AB sehr klein gegen AS und BS, mit denen sie einen beliebigen Winkel macht. Man rücke AB, sich selbst parallel, in die doppelte Entfernung von S, so wird im Dreieck $SA'B'$ der Winkel an S nur halb so gross als in dem SAB sein, der Flächeninhalt aber doppelt so gross. Verkürzt man nun $A'B'$ so, dass die Dreiecke SAB und $SA'B'$ einander gleich werden, so wird offenbar der Winkel an S noch einmal halbirt, und er ist nur $\frac{1}{4}$ des ursprünglichen. Da nun gleiche Flächenräume zu gleichen Zeiten gehören, so ist in doppelter Entfernung vom Centralkörper die Winkelgeschwindigkeit 4mal in dreifacher 9mal u. s. w. kleiner als in der einfachen Entfernung, d. h. sie verhält sich wie das Quadrat der Entfernung umgekehrt.

Ist die halbe grosse Axe $= a$, und die Excentricität (a als Einheit gesetzt) $= e$, so ist der grösste, mittlere und kleinste Abstand gegeben durch

$$a\,(1 + e),\ a,\ a\,(1 - e),$$

folglich sind die diesen Punkten zugehörigen Winkelgeschwindigkeiten proportional den Grössen

$$\frac{1}{a^2\,(1+e)^2},\ \frac{1}{a^2},\ \frac{1}{a^2\,(1-e)^2},$$

oder wenn man die mittlere Geschwindigkeit $\frac{1}{a}$ als Einheit setzt,

$$\frac{1}{(1+e)^2},\ 1,\ \frac{1}{(1-e)^2};$$

und ist e sehr klein, so dass man e^2 vernachlässigen kann, so wird das Verhältniss

$$1-2e,\ 1,\ 1+2e.$$

Betrachtet man die Bewegung aus einem andern Punkte als dem Centro der Kräfte, so werden auch andere Winkelgeschwindigkeiten stattfinden, worüber sich keine allgemeine Regel geben lässt; und bewegt sich dieser Standpunkt selbst, so setzt sich die Winkelgeschwindigkeit aus beiden Bewegungen zusammen. Einer besnnderen Erwähnung verdient der sogenannte zweite Brennpunkt der elliptischen Bahn, von dem aus gesehen die Winkelgeschwindigkeit durch die ganze Bahn hin sehr nahe gleich ist, desto näher, je kleiner e gegen a ist.

§. 69.

Die ungleiche Winkelgeschwindigkeit hat natürlich zur Folge, dass die für gleiche Zeitintervalle berechneten heliocentrischen Oerter eines Planeten ungleiche Differenzen zeigen, die bald grösser, bald kleiner sind, als diejenigen, welche in einer kreisförmigen Bahn von gleicher Umlaufszeit stattfinden. Man lasse neben dem wirklichen in der elliptischen Bahn umkreisenden Planeten noch in Gedanken einen zweiten im Kreise umlaufen, gebe beiden die gleiche Umlaufszeit und lasse sie gleichzeitig im Perihel stehen. Von diesem ausgehend, wird der fingirte Planet anfangs hinter dem wahren zurückbleiben, da jener sich mit der mittleren, dieser mit der grössten Geschwindigkeit bewegt. Dieses Vorauseilen des wahren Planeten wird zunehmen, so lange er einen Ueberschuss der Geschwindigkeit zeigt, und es wird sein Maximum da erreichen, wo die Geschwindigkeit in der wahren Bahn gleich der mittleren geworden ist. Von hier ab wird der Vorsprung des wahren Planeten fortwährend geringer, bis er endlich im Aphelio zu Null wird und er denselben Ort einnimmt, den der fingirte durch seine gleichförmige Bewegung erreicht hat. Von hier ab ist der wahre Planet im Nachzuge, und der Unterschied wird immer grösser, bis die Geschwindigkeit in der wahren Bahn abermals die mittlere geworpen ist, und nun vermöge des immer schnelleren Laufes der wahre Planet dem fingirten wieder näher kommt und im Perihel ihn wieder einholt.

Man nennt den Bogen, welchen der Planet vom Perihel ab zurückgelegt hat (den Standpunkt im Centro der Sonne genom-

men) die Anomalie des Planeten und zwar für den fingirten im Kreise laufenden die mittlere Anomalie, für den wirklichen aber die wahre Anomalie. Der Unterschied der wahren und mittleren Anomalie heisst die Mittelpunktsgleichung, und sie erreicht ihren grössten Werth an den Endpunkten der kleinen Axe. Diese Mittelpunktsgleichung ist positiv, wenn die wahre Anomalie grösser als die mittlere ist, also vom Perihel bis zum Aphel, sie ist ist negativ in der zweiten Hälfte der Bahn. Die grösste Mittelpunktsgleichung ist nahezu doppelt so gross als der Excentricitätswinkel (§. 48.), sie lässt sich aus diesem berechnen, und eben so umgekehrt. Wenn man von mittlerer und wahrer Länge spricht, so ist dies in ganz gleicher Art zu verstehen, nur der Anfangspunkt der Zählung ist verschieden: er ist, wie bei allen Längen, der Frühlingsnachtgleichepunkt.

Die Aufgabe hingegen, aus der mittlereren Anomalie (also aus der Zeit selbst) die wahre zu berechnen, lässt eine völlig direkte Auflösung nicht zu; die Formeln werden zwar sehr einfach, aber gleichwohl transcendent. Nennt man T die Zeit des Perihels, t die, für welche man rechnet, sei ferner m die mittlere tägliche Bewegung, so wird $m\,(t-T)$ die mittlere Anomalie sein. Führt man nun einen Hülfswinkel E (die so genannte excentrische Anomalie) ein und nennt die wahre Anomalie v, so sind die Formeln:

$$E - e \sin E = m\,(t-T),$$

$$\operatorname{tg} {}^1\!/_2\, v = \operatorname{tg} {}^1\!/_2\, E \sqrt{\frac{1+e}{1-e}}.$$

Die numerische Auflösung dieser Formeln ist ungemein leicht und einfach, wenn v gegeben ist und die mittlere Anomalie $m\,(t-T)$ gesucht wird: die Astronomie bedarf aber einer Lösung für den umgekehrten Fall, und eine solche kann, wie schons *Kepler* vermuthete, nicht direkt gefunden werden, „propter arcun et sinus heterogeneitatem", wie er sich in der Aufstellung des nach seinem Namen genannten Problems ausdrückt. Die Schwierigkeit liegt darin, dass man gleichzeitig den unbekannten Boge- E und seinen mit einem bekannten Coëfficienten multiplicirten Sinus finden soll. Liesse sich der Sinus in einem endlichen Ausdrucke durch den Bogen darstellen, so bliebe gar keine Schwierigkeit übrig; dies ist aber bekanntlich nicht der Fall, und man kann den Sinus nur durch eine Reihe, welche nach Potenzen des Bogens fortschreitet, ausdrücken. Es bleibt demnach für die Praxis nichts übrig, als entweder das Keplersche Problem wirklich umzukehren und nicht aus der mittleren Anomalie die wahre, sondern aus der wahren die mittlere zu

suchen: oder durch Hülfe der höhern Analysis den obigen Ausdruck in eine unendliche Reihe zu entwickeln und alsdann so viel Glieder der Reihe zu berechnen, als erforderlich sind, um den verlangten Grad der Genauigkeit zu erreichen. In neueren Zeiten sind von verschiedenen Seiten direkte Auflösungen gegeben worden, die aber stets nur genäherte Werthe geben.

Bei der Umkehrung des Problems denkt man sich also die wahre Anomalie v als gegeben, berechnet aus ihr und der Excentricität e nach der zweiten Gleichung, die für diesen Zweck in $\operatorname{tg} {}^1/_2 E = \operatorname{tg} {}^1/_2 v \sqrt{\frac{1-e}{1+e}}$ umgeformt wird, den Hülfswinkel E und aus diesem nach der ersten Formel die mittlere Anomlie $m\,(t - T)$ oder die Zeit t selbst. Es ist nun nicht anzunehmen, dass d s so gefundene t mit dem gegebenen, für welches v gesucht wird, übereinstimme, denn in diesem Falle müsste man durch ein glückliches Errathen das richtige v gleich anfangs getroffen haben, man wird aber sogleich sehen, ob das angenommene v zu gross oder zu klein war, und (da auch der ungefähre Betrag der Abweichung sich schätzen lässt) mit einem neuen v, das der Wahrheit näher als das erste kommt, die Rechnung wiederholen. Die Vergleichung des so gefundenen zweiten Werths für t mit dem ersten und mit der Zeit, für welche man v sucht, wird nun noch sicherer als vorhin zu einem dritten Werthe von v gelangen lassen, den man abermals in Rechnung nimmt, und so fortfährt, bis man die Wahrheit getroffen. Ein geschickter Rechner wird selten mehr als drei Näherungen bedürfen, um auf einen Werth von v zu kommen, der alle verlangte Schärfe besitzt.

Da übrigens von den beiden obigen Gleichungen nur die erste transcendent ist, so erleichtert man sich die Versuche sehr, wenn man nicht von v, sondern von E ausgeht. Man nehme also einen beliebigen, der vorläufigen Schätzung nach wenigstens möglichen Werth von E an und berechne t vergleiche dies mit dem t, wofür v verlangt wird, und nehme hiernach ein neues E an u. s. w.; welche Versuche leicht und schnell zum Ziele führen. Mit dem richtigen E berechnet man dann aus der zweiten Gleichung den Werth für v.

§. 70.

Bei diesem Verfahren entsteht noch die Frage, wie man das zweite Glied der Formel $e \sin E$ zu verstehen habe? e ist eine lineäre Grösse, $\sin E$ eine reine Zahl, das Produkt beider muss also ebenfalls eine lineäre Grösse werden und diese

soll mit einer Winkelgrösse E zusammengestellt werden, was absurd ist und keinen Sinn giebt. Allein e bezeichnet in dieser Zusammenstellung auch nicht eigentlich die Linie, sondern einen gleich grossen Bogen, wenn man den Radius als Einheit setzt, wie man für e selbst die halbe grosse Axe des Planeten als Einheit genommen hat. Hierbei kommt es darauf an, die Grösse des Kreisbogens zu kennen, welcher rectificirt dem Radius gleich ist, und dieser ist $= 57^0\,17'\,44'',8$, oder in Sekunden ausgedrückt $= 206264'',8$, welche allgemeine Constante durch ω bezeichnet und in astronomischen Rechnungen sehr häufig gebraucht wird. Der streng richtige Ausdruck obiger Formel ist also

$$E - \omega.\, e \sin E = m(t - T)$$

und nun ist (so lange die Excentricität selbst nicht verändert) für denselben Planeten das Product $\omega\, e$ constant, und wird also in jeder folgenden Näherung oder ganz neuen Rechnung unverändert wieder gebraucht. Man kommt in der Regel desto schneller zum Ziele, je kleiner e ist.

Ein Beispiel möge das Gesagte erläutern.

Mars stand in seinem Perihel 1840 am 8. Januar $9^h 44' 0''$ mittlere Berliner Zeit, seine Excentricität ist 0,0932168, seine Umlaufszeit 686,97964 Tage, in welchem Grade der wahren Anomalie wird er am 24. April um $13^h\ 25'\ 15''$ desselben Jahres stehen?

$$\begin{array}{rllll} t = & \text{April } 24 & 13^h & 25' & 15'' \\ T = & \text{Jan. } 8 & 9 & 44 & 0 \\ \hline t - T = & 107 & 3 & 41 & 15 \\ = & 107{,}15365 & \text{Tage} & & \end{array}$$

Mittlere tägliche Bewegung $m = \dfrac{360^0}{686{,}97964} \ldots = 31'\ 26'',519$

$$\begin{array}{ll} \log m \text{ (in Minuten)} & = 1{,}4975099 \\ \log (t-T) & = 2{,}0300070 \\ \hline \log m\,(t-T) & = 3{,}5275169 \\ m\,(t-T) & = 56^0\ 9'\ 7'',4 \end{array}$$

$$\begin{array}{rl} \log e & = 8{,}9694943 - 10 \\ \text{const. } \log \omega & = 5{,}3144252 \\ \hline \log \omega\, e \text{ in Sekunden} & = 4{,}2839195 \\ \omega\, e = 19227'',04 & = 5^0\ 20'\ 27'',04. \end{array}$$

Erste Näherung: $E = 60^0$ (Man sieht leicht, dass im 1sten und 2ten Quadranten E grösser sein müsse als $m\,(t-T)$,

dass es aber dieses nie um mehr als $\omega\, e$ übertreffen könne, es muss also zwischen 56° 9′ 7″,4 und 61° 29′ 34″,44 fallen.)

$$\begin{aligned}
\log \sin 60^0 &= 9{,}9375306 \\
\log \omega\, e &= 4{,}2839195 \\
& \overline{4{,}2214501} = \log 16651'',33 \\
&= 4^0\ 37'\ 31'',33 \\
60^0 - 4^0\ 37'\ 31'',33 &= 55\ \ 22\ \ 28\ ,67 \\
m\,(t-T) &= 56\ \ \ 9\ \ \ 7\ ,4 \\
\text{Fehler} &\quad -\ 46'\ 38'',73.
\end{aligned}$$

Man wird also in der zweiten Näherung E grösser als 60° setzen müssen, und da man leicht sieht, dass alsdann auch sin E (da E im ersten Quadranten liegt) und $\omega\, e$ sin E wachsen, folglich der Abzug grösser als vorhin werden wird, so wird man E um etwas mehr als 46′ 38″,73 zu vergrössern haben.

Zweite Näherung: $E = 60^0\ 50'$.

$$\begin{aligned}
\log \sin E &= 9{,}9411166 \\
\log \omega\, e &= 4{,}2839195 \\
& \overline{4{,}2250361} = \log 16789'',43 \\
&= 4^0\ 39'\ 49'',43 \\
60^0\ 50' - 4^0\ 39'\ 49'',43 &= 56\ \ 10\ \ 10\ ,57 \\
m\,(t-T) &= 56\ \ \ 9\ \ \ 7\ ,4 \\
\text{Fehler} &\quad +\ \ 1'\ \ 3'',17.
\end{aligned}$$

Wir sind also schon der Wahrheit beträchtlich näher gekommen, und können das neue dritte E auf folgende Art sehr scharf bestimmen:

$$\begin{array}{lll}
 & E = 60^0\ \ 0'\ \text{gab}\ \ .\ \ . & 55^0\ 22'\ 28'',67 \\
 & E = 60\ \ 50\ \ .\ \ .\ \ . & 56\ \ 10\ \ 10\ ,57 \\
\text{Differenzen} & +\ 50.\ \ .\ \ .\ \ . & +\ 47\ \ 41\ ,9.
\end{array}$$

Die zuletzt gebliebene Differenz aber war + 1′ 3″,17; also setze man

$$\begin{aligned}
47'\ 41'',9 : -1'\ 3'',17 &= 50' : \triangle\ E \\
\log -63'',17 &= 1{,}80051\ n \\
\log 50'\ \text{in Sek.} &= 3{,}47712 \\
& \overline{5{,}27763 n} \\
\log 2861''.9 &= 3{,}45665 \\
\log \triangle\ E &= 1{,}82098 n \\
\triangle\ E &= -\ 66'',22.
\end{aligned}$$

Dritte Näherung.

$$E = 60^\circ\ 50' - 1'\ 6'',22 = 60^\circ\ 48'\ 53'',78$$

$$\log \sin E = 9,\ 9410387$$

$$\log\ \omega\ e = 4,\ 2839195$$

$$4,\ 2249582 = \log 16786'',42$$

$$= 4^\circ\ 39'\ 46'',42$$

$$60^\circ\ 48'\ 53'',78 - 4^\circ\ 39'\ 46'',42 = 56\ \ 9\ \ 7\ ,36$$

$$m\ (t-T) = 56\ \ 9\ \ 7\ ,4$$

$$\text{Fehler}\ \ -\ \ 0'',04.$$

Wir haben also $m\ (t-T)$ bis auf eine halbe Zehntelsekunde getroffen, und da man aus obiger Proportion sieht, dass einer Differenz von 0'',04 in $m\,(t-T)$ auch eine von 0'',04 in E entsprechen werde, so ist endlich das bis auf Hundertelsekunden streng richtige $E = 60^\circ\ 48'\ 53'',82$.

Die weitere Rechnung ist nun folgende:

$$1 + e = 1,\ 0932168;\ \log\ (1 + e) = 0,\ 0387063$$

$$1 - e = 0,\ 9067832;\ \log\ (1 - e) = 9,\ 9575034$$

$$0,\ 0812029$$

$$2)$$

$$\log \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} = 0,\ 0406014$$

$$\operatorname{tg} {}^1\!/_2 E = \operatorname{tg} 30^\circ\ 24'\ 26'',91 = 9,\ 7685337$$

$$\log \operatorname{tg} {}^1\!/_2 v = 9,\ 8091351$$

$${}^1\!/_2 v = 32^\circ\ 47'\ 47'',43$$

$$v = 65\ \ 35\ \ 34\ ,86.$$

Für die wirkliche Praxis treten noch bedeutende Erleichterungen ein: berechnet man z. B. eine Folge von Oertern für gleiche Zeitintervalle, so werden die Differenzen von E und $m\,(t-T)$ auch einen gesetzmässigen Gang befolgen müssen; und nun wird der zuerst berechnete Ort schon einigermassen die Berechnung des zweiten, diese beiden zusammen noch weit mehr die des dritten u. s. w. erleichtern, d. h. man wird Mittel finden, gleich die erste Näherung so nahe zutreffend zu machen, dass man durch eine sehr unbedeutende Correction ohne weitere Rechnung den richtigen Werth von E erhält; und dies wird um so mehr der Fall sein je kleiner e ist.

Will man hingegen diese approximative Rechnung vermeiden und v direkt finden, so muss man sich, wie bereits erwähnt, den transcendenten Ausdruck in eine unendliche Reihe entwikkeln, in der jedes folgende Glied kleiner (und zwar möglichst viel kleiner) als das vorhergehende ist. Da e stets ein ächter Bruch ist (wenigstens in allen geschlossenen Bahnen), so wird man die Reihe so zu bilden haben, dass sie nach Potenzen von

e fortläuft, denn höhere Potenzen eines Bruches sind stets kleiner als die, deren Exponent geringer ist. Wenn e näher an 1 als an Null liegt, so würde die Abnahme der Glieder für die Praxis zu langsam sein, man kann aber dann eine andere, die nach Potenzen von $(1-e)$ fortläuft, anwenden (der letzte Fall tritt ein bei allen bis jetzt bekannten Kometen, so weit sie eine solche Berechnung zuliessen, während alle Planetenbahnen in den zuerst betrachteten gehören). Da die Planetenephemeriden eine sehr häufige Anwendung dieser Formeln erfordern, so hat man Tafeln für die Mittelpunktsgleichung eines jeden Planeten aufgestellt, die dann nur eine einfache Interpolation erfordern, um aus der mittleren Anomalie die wahre ohne weitere Rechnung finden zu lassen, indem man nur die Mittelpunktsgleichung (mit Berücksichtigung ihres Zeichens) der mittleren Anomalie hinzufügt und daraus sofort die wahre erhält.

Nur bei wenigen der kleinen Planeten übersteigt die Mittelpunktsgleichung 30 Grad. Für die Erdbahn ist sie gegenwärtig 1° 55′ 27″, 6 in ihrem Maximo und für Venus ist sie noch geringer. Sehr gering ist sie für die Jupiterstrabanten, wo sie für den 4ten nur auf 50′ 2″, für den dritten auf 9′ 14″ steigt und für den 1sten und 2ten durchaus unmerklich ist, so dass wir diese Bahnen für die Praxis als kreisförmige betrachten müssen.

§. 71.

Für die Entfernung des Planeten r von der Sonne, wenn die mittlere Entfernung a bekannt ist, ergiebt die Theorie

$$r = a\,(1 - e \cos E)$$

oder, wenn man v auf einem Wege gefunden hätte, bei welchem der Hülfswinkel E nicht entwickelt wurde,

$$r = \frac{a\,(1 - e^2)}{1 + e \cos v}.$$

Die Grösse $a\,(1 - e^2)$ heisst auch der Parameter der Bahn und ist diejenige Linie, welche im Brennpunkte normal auf der grossen Axe errichtet und bis zur Peripherie verlängert wird.

Beispiel.

Für Mars ist $a = 1{,}523691$; man sucht den Radius vector für die oben §. 70. angegebene Zeit. Die vorstehende Rechnung ergab:

$$E = 60^0\ 48'\ 53'',82$$

demnach $\log \cos E = 9,6880921$
$\log e = 8,9694943$
$8,6575864$
Zahl $0,0454555$
$1 - e \cos E \; 0,9545445$
$\log \ldots . \; 9,9797961$
$\log a = 0,1828970$
$\log r = 0,1626931$
$r = 1,454431.$

Nach der zweiten Formel stände die Rechnung so:

$\log \cos 65^0\, 35'\, 34'',86 = 9,6161765$
$\log e = 8,9694943$
$= 8,5856708$
Zahl $0,0385186$
$1 + e \cos v \; 1,0385186$

$\log e = 8,9694943$
$\log e^2 = 7,9389886$
$e^2 = 0,0086894$
$1 - e^2 = 0,9913106$
$\log (1 - e^2) = 9,9962098$
$\log a = 0,1828970$
$\log a\,(1 - e^2) = 0,1791068$

(Jener Theil der Rechnung ist constant für ein const. e)

$\log a\,(1 - e^2) = 0,1791068$
$\log (1 + e \cos v) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots = 0,0164143$
$\log r = 0,1626925$
$r = 1,454429$

Im Mittel aus beiden Methoden also $r = 1,454430$.

§. 72.

Im Bisherigen haben wir stets nur einen Central- und einen umkreisenden Körper betrachtet, in welchem Falle die Bahnen reine Kegelschnitte werden. Wenn aber mehr als zwei Körper in solcher Nähe stehen, dass ihre Anziehungen auf einander merklich werden können, so ist die Aufgabe, ihre Bewegungen zu bestimmen, viel verwickelter. Schon das sogenannte Problem der drei Körper ist nicht nur noch nicht gelöst, sondern auch noch kein Weg gefunden worden, auf dem eine einstige Lösung zu erwarten wäre. Alles was man bis jetzt geleistet hat, besteht darin, dass man näherungsweise die Bewegungen der Körper bestimmt für den Fall, dass einer derselben, der Centralkörper, entweder durch seine Masse oder seine grosse Nähe die andern auf denselben Körper einwirkenden bei weitem überwiegt, und die Praxis kann sich für jetzt mit dieser beschränkten Auflösung begnügen, da im System unserer Sonne und den Partialsystemen einzelner Planeten dieser Fall ausschliesslich vorkommt. Man betrachtet nämlich

die gleichzeitigen Wirkungen verschiedener Körper auf einen derselben gesondert, indem man zuerst die einfache Bewegung um den Centralkörper, wie im Vorstehenden angedeutet worden, bestimmt, und sodann die Wirkungen der übrigen, jeden für sich betrachtet. Die Summe dieser Wirkungen bestimmt sodann die wahre Bewegung des Körpers. Bei diesem Verfahren trennt man also das, was in der Natur vereinigt ist, und man lässt gleichsam aufeinanderfolgen, was gleichzeitig stattfindet, und schon hierin liegt eine Quelle von Ungenauigkeiten, die freilich in den meisten Fällen verschwindend klein sind. Eine andere und wesentlichere entspringt aus der Nothwendigkeit, die Formeln, um sie praktisch anwendbar zu machen, in Reihen zu entwickeln, von denen man nur die Anfangsglieder nehmen kann, da selbst bei einer sehr mässigen Anzahl von Körpern die aufzulösenden Gleichungen unübersehbar weitläuftig und verwickelt werden, und gar kein Ende der Rechnung abzusehen wäre, wollte man nicht, in der Theorie wie in der praktischen Anwendung, diejenigen Glieder, welche im Vergleich zu den andern nur unbedeutend auf das Resultat einwirken, weglassen. Man bezeichnet diese die Einfachheit unserer Berechnungen beeinträchtigenden Wirkungen der ausser dem Centralkörper noch vorhandenen Massen mit dem Namen **Störungen** (Perturbation), ein Name, der bei vielen Anstoss gefunden hat, die in dem Wahne standen, es solle eine Unterbrechung der Ordnung und Harmonie in der Schöpfung Gottes dadurch angedeutet werden. Die Ordnung der Natur, die sich in den Bahnen der Weltkörper, wie im Wachsthum der Pflanze offenbart, wird **nie** gestört: alles erfolgt nach Gesetzen und lässt sich vorausbestimmen, sobald die Gesetze klar erkannt und die wirkenden Kräfte gegen einander abgewogen sind. Es findet sich in der That für diese Nebenwirkungen, bei der Art, wie wir sie betrachten, kein passenderer Name. Der Ausdruck **Veränderung** umfasste zu viel, **Abweichung**, **Anomalie** u. dgl. haben in der Astronomie bereits ihre fest bestimmte anderweitige Bedeutung und können ohne Missverstand nicht auf sie bezogen werden, und so bleibt uns hier, wie so oft in der Astronomie sowohl als in andern Wissenschaften, nichts übrig, als einen conventionellen, wenngleich nicht in allen Beziehungen geeigneten Namen beizubehalten.

§. 73.

Wenn einerseits diese Störungen das Geschäft des Astronomen nicht wenig erschweren und ihn oft zu jahrelangen

Rechnungen nöthigen, um eine Erscheinung, wie z. B. die des Halleyschen Kometen vorherzubestimmen, so sind sie andererseits das beste und oft das einzige Mittel, die Körper unseres Sonnensystems nach ihrer Masse und allen übrigen davon abhängigen Verhältnissen kennen zu lernen. Wir würden mit der gesammten Constitution unsers Systems nur höchst unvollkommen bekannt sein, wir würden nicht vermögen, in die entfernteste Vorzeit zurückzugehen, noch die Erscheinungen der späteren Zukunft voraus zu bestimmen, wenn unsere Beobachtungen uns diese Störungen nicht erkennen liessen und uns dadurch Veranlassung gäben, mit Aufbietung aller Kräfte die Theorie der Bewegungen in ihren feinsten Nüancen darzustellen. Schon der erste Entdecker des allgemeinen Weltgesetzes entwickelte mehrere hierher gehörende Folgerungen desselben, indem er namentlich die Bahn des Mondes und ihre Veränderungen aus den störenden Wirkungen der Sonne bestimmte. Seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts haben sich *Clairaut*, *Lagrange*, *Euler*, *T. Mayer*, *Maplace*, *Poisson*, *Pontécoulant*, *Plana*, *Bessel*, *Gauss*, *Hansen*, *Leverrier*, *Challis* u. A. mit immer schärferer und weiter ausgedehnter Entwickelung dieser Störungen beschäftigt und ihre Arbeiten sind unvergängliche Denkmäler des menschlichen Scharfsinnes, der die ungeheuersten Schwierigkeiten bewältigt und in die tiefsten Geheimnisse der Schöpfung mit dem Lichte der Wissenschaft eindringt. Selbst neue ungeahnte Entdeckungen sind durch diese Untersuchungen gemacht worden: so hat *Encke* die Existenz eines im Weltraum zerstreuten widerstehenden Mittels nachgewiesen, was ohne die genaueste und schärfste Untersuchung der Störungen des nach ihm genannten Kometen wahrscheinlich für immer verborgen geblieben wäre, und *Leverrier* einen Planeten errechnet, den noch Niemand gesehen hatte. Und wenn wir behaupten können, dass gegenwärtig die Grundlagen der Astronomie für ewige Zeiten unerschütterlich feststehen; wenn wir nachzuweisen im Stande sind, dass in allen auch den kleinsten Theilen des unermesslichen Ganzen die schönste, dauerndste, ungestörte Harmonie herrsche, so sind es die Arbeiten der genannten Forscher, denen wir dieses glänzende Resultat verdanken.

§. 74.

Es kann nicht erwartet werden, hier eine ausführliche Entwickelung und wissenschaftliche Darstellung der Störungstheorie zu geben. Nur die allgemeinsten Formen, unter denen die Perturbationen sich zeigen, und ihre hauptsächlichsten

Wirkungen insbesondere auf die Bahn unsers Mondes mögen hier Enwähnung finden.

(Fig. 38.) Zwei Körper *A* und *B* mögen in Folge ihrer gegenseitigen Anziehung in einem gegebenen Moment die Lagen *A'* und *B'* einnehmen, und es komme nun ein dritter Körper *C* hinzu, der in *C'* stehend auf beide wirkt. Die Anziehung, die er auf *B* ausübt, versetzte diesen von *B'* nach *b'*, und die auf *A* ausgeübte von *A'* nach *a'*. Da *A* weiter als *B* von *C* entfernt ist, so muss auch die Anziehung auf *A* schwächer sein, und die Linie *A'a'* ist kleiner als *B'b'*. Daraus aber folgt nothwendig, dass die Entfernung *a'b'* grösser sein müsse als *A'B'*, und dass also die Körper *A* und *B*, in Folge der Anziehung, die beide von *C* erleiden, weiter von einander entfernt sein müssen, als sie ohne diese Anziehung waren.

Man versetze nun den Körper *C* nach *c''*, so wird er den Körper *B* aus *B'* nach *b''* und *A* aus *A'* nach *a''* versetzen. Die Linien *B'b''* und *A'a''* werden also nach *c'* zu convergiren, woraus, wenn beide in völlig oder doch beiläufig gleichem Abstande von *c''* stehen, nothwendig hervorgeht, dass *a''b''* eine kürzere Distanz sei als *A'B'*. So kann ein dritter Körper den Abstand zweier andern wechselsweise vermindern und vermehren.

Mit einer Verminderung oder Vermehrung des Abstandes zweier Körper ist aber auch eine Veränderung in der Wirkung, die sie auf einander ausüben, verbunden. Die Geschwindigkeit der Bewegung des Körpers *B* in seinem Umlauf um *A* (oder *A* um *B*) wird sich vermindern, wenn der dritte (störende) Körper in *C'* steht, sie wird sich vermehren müssen, wenn er in *c''* steht. So wirken Störungen nicht allein auf den Radius Vector sondern auch auf die Länge des Körpers in seiner Bahn.

Allgemein betrachtet verhalten sich die Störungen wie der Cubus der Entfernung umgekehrt. Man setze z. B. $A'B' = \frac{1}{400} B'C'$ (wie es beiläufig bei Erde, Mond und Sonne der Fall ist, wenn *A* den Mond, *B* die Erde, *C* die Sonne bedeutet). Man nehme die Distanz *A'B'* zur Einheit an, so ist $B'C' = 400$ und $A'C' = 401$. Sei die Wirkung von *C* auf $B = m$, so ist die von *C* auf $A = \frac{400^2}{401^2} \cdot m$ oder sehr nahe $= \frac{199}{200} m$; also die Differenz beider Wirkungen (die eigentliche Störung) $= \frac{1}{200} m$.

Man setze nun *C* in die doppelte Entfernung, so ist

die Wirkung auf $B = \frac{1}{4}m$; die auf $A = \frac{800^2}{801^2} \cdot \frac{1}{4}\, m$ oder nahe $= \frac{399}{400} \cdot \frac{1}{4} \cdot m$. Der Unterschied beider Anziehungen ist demnach $\frac{1}{1600}\, m = \frac{1}{8} \cdot \frac{1}{200}\, m$, folglich die Störung für die doppelte Distanz des störenden Körper 8mal, also für die $n$fache Distanz n^3mal geringer als die einfache.

Ein ähnliches Resultat wird man für den zweiten Fall, wo die Störung von der Seite her erfolgt, finden. Entfernt sich der störende Körper um das $n$fache, so werden beide Anziehungen, $B'b''$ und $A'a''$, auf das $\frac{1}{n^2}$ fache ihres früheren Betrages herabsinken. Aber auch der Winkel ACB, der die Convergenz der Linien erzeugt, sinkt auf $\frac{1}{n}$ seines früheren Werths zurück. Sei der ursprüngliche Winkel in der einfachen Distanz $= \varphi$, so ist die Verminderung der Distanz $A'B'$ durch die Versetzung nach a'' und b'' . . . $= A'a''$ sin φ, in der $n$fachen hingegen $\frac{1}{n^2} A'a''$ $\sin\left(\frac{1}{n}\varphi\right)$. Ist φ sehr klein, so kann man ohne merklichen Fehler $\sin\left(\frac{1}{n}\varphi\right) = \frac{1}{n}$ sin φ setzen, also ist die Störung für die $n$fache Entfernung $= \frac{1}{n^3} A'\, a''$ sin φ, folglich nur $\frac{1}{n^3}$ der früheren.

Während demnach die Anziehungen sich wie die Quadrate der Entfernungen umgekehrt verhalten, verhalten sich die Störungen (Differenzen der Anziehung) wie der Cubus der Entfernung des störenden Körpers umgekehrt, wenn die Distanz der beiden Körper, die beziehungsweise zu einander Störungen erleiden, als Einheit gesetzt wird. Diese Regel ist freilich weder in aller Strenge, noch für alle und jede Art der Störungen gültig, sie kann aber nichts desto weniger zu einer allgemeinen Uebersicht dienen, wo es darauf ankommt, den Betrag einer Störung vorzugsweise zu schätzen und zu entscheiden, ob eine solche noch merklich sei.

§. 75.

Eine andere Wirkung der Störungen besteht in der Verschiebung derjenigen Punkte, in denen eine Bahn eine andere, z. B. die Ekliptik schneidet.

(Fig. 39.) Es sei *AB* eine Linie in der Ebene der Ekliptik, die hier senkrecht auf der Fläche des Papiers stehend gedacht werden muss, und ein anderer Körper (etwa der Mond) durchlaufe einen Theil seiner Bahn *NK*, so dass in *K* sein Knoten liegt und *NKB* gleich dem Neigungswinkel beider Bahnebenen ist. Den störenden Körper, z. B. die Sonne, denke man sich am Ende einer in *K*. normal auf der Ebene des Papiers, errichteten Perpendikulare *KS**).

Die Störung, welche sie auf den in *N* befindlichen Mond ausübt, wird nun eine Neigung gegen die Ekliptik haben, und man kann sie deshalb sich nach zweien Richtungen zerfällt denken, deren eine normal auf der Fläche des Papiers in die Ebene der Ekliptik fällt und identisch mit der im vorigen Paragraphen betrachteten Störung ist, die andere dagegen senkrecht auf der Ekliptik steht und die Richtung *NB* hat, übrigens fast in allen Fällen die bei weitem kleinere der beiden Coordinaten ist. Indem solchergestalt der Mond in jedem Punkte seines Weges zwischen *N* und *K'* näher nach *AB* hingezogen wird, als er in seiner ungestörten Bahn laufen würde, beschreibt er statt *NK* den Weg *NK'*, d. h. er erreicht die Ekliptik in einem geringeren Grade der Länge, als ausserdem geschehen wäre, und zugleich der Zeit nach früher, was man mit dem Ausdruck Zurückweichen der Knoten bezeichnet hat. Es hat zugleich den Anschein, als müsse durch die Veränderung von *NK* in *NK'* die Neigung vergrössert werden, da Winkel $NK'B >$ Winkel *NKB*. Allein da nach dem Durchgange durch *K'* sich die Richtung der Störung umkehrt, so wird die Neigung durch die einander entgegengesetzten Lagen der Winkel wechselweise um nahe gleichviel verkleinert und vergrössert, und so bleiben für den Werth der Neigung nur Schwankungen um eine mittlere Constante übrig, während das Zurückschieben der Knoten sich nach jedem halben Umlauf in gleichem Sinne wiederholen muss.

Eine genauere und mehr ins Einzelne gehende Betrachtung

*) Natürlich kann *S* nicht in der Figur gegeben werden, oder man müsste eine Darstellungsweise wählen, welche bei dem Leser die genaue Kenntniss der Perspective voraussetzt. Ich habe es in diesem und ähnlichen Fällen vorgezogen, mich direkt und einfach an seine Imagination zu wenden, wer jedoch damit nicht ausreicht, möge sich eines körperlichen Modells zur Versinnlichung bedienen.

zeigt übrigens, dass das erwähnte Zurückweichen in manchen Fällen (z. B. während der Körper in einem seiner Knoten selbst steht) gleich Null wird, in andern selbst in die entgegengesetzte Wirkung, ein Vorwärtsschieben, übergeht. Im Allgemeinen jedoch kommt die Gesammtwirkung nach einem oder mehreren vollen Umläufen des gestörten Körpers stets auf ein Zurückschieben der Knoten hinaus, welches in einigen Fällen sehr schnell, in andern fast unmerklich langsam vor sich geht.

Da alle Wirkungen verschiedener Massen auf einander gegenseitige sind, so sieht man leicht, dass auch die Bahn der Erde nicht frei von Störungen bleiben kann, und dass namentlich der hier angezogene Fall, die periodische Veränderung des Knotenpunktes zweier Ebenen, auch auf den Erdäquator in seinem Verhältniss zur Ekliptik Anwendung findet. Bliebe die Lage der Mondbahn stets dieselbe, so würde auch die Einwirkung des Mondes auf die Lage jener beiden Ebenen eine sich stets gleichbleibende sein. Dies ist aber nicht der Fall, denn die Knotenpunkte der Bahn des Mondes mit der Ekliptik weichen in Folge der Sonneneinwirkung so stark zurück, dass sie in 18²/₃ Jahren ihren retrograden Umlauf um den ganzen Himmel vollenden. Die Lage der Mondbahn gegen den Erdäquator wird dadurch eine veränderliche, und als Gegenwirkung des Mondes muss folglich auch die Lage des Erdäquators selbst, verglichen mit der Ekliptik, eine andere werden, und diese Veränderung muss dieselbe Periode haben wie jene der Mondbahn. Man nennt diese von *Bradley* entdeckte Veränderung die Nutation. In Folge derselben beschreibt der Pol des Erdäquators am Himmel einen kleinen Kreis oder richtiger eine Ellipse, deren Periode 18 Jahr 218 Tage 21 Stunden ist und deren halbe grosse Axe, nach den neuesten Untersuchungen, 9″,23 beträgt. Zu dieser Lunarnutation gesellt sich noch eine solare, deren Periode ein halbes Erdjahr ist, die aber in ihrem Maximo nur auf 0″,55 steigen kann. Die Lage der Pole und des Aequators auf der Erdoberfläche selbst wird aber durch diese Nutation nicht afficirt, denn es schwankt nicht die Rotationsaxe innerhalb der Erdkugel, sondern die ganze Erde mit ihrer Axe unterliegt dieser Veränderung, und in ähnlicher Weise sind alle Aenderungen zu verstehen, welche die gegenseitige Lage des Aequators und der Ekliptik betreffen.

§. 76.

Eine ähnliche Bewandtniss hat es mit dem Phänomen, welches unter dem Namen Vorrückung der Nachtgleichen bekannt ist, schon von *Hipparch* wahrgenommen wurde und durch

alle späteren Beobachtungen sich bestätigt hat. Als nämlich *Hipparch* seine Beobachtungen mit den etwa 150 Jahr ältern des griechischen Astronomen *Timocharis* verglich, bemerkte er, dass zwar die Breiten der Sterne im Ganzen unverändert geblieben waren, die Längen jedoch sämmtlich um 2 Grade zugenommen hatten. Es konnte nicht Sache jenes frühen Zeitalters sein, eine genetische Erklärung aufzustellen, man hielt sich also vorläufig an die einfache Thatsache und nannte es eine Vorrückung (Präcession), welcher Name beibehalten worden ist.

Man würde vergeblich nach einer Ursache sich umsehen, welcher das gesammte Heer der Fixsterne, die in den allerverschiedensten Entfernungen und Richtungen gegen unsere Erde stehen, veranlassen sollte, sich allesammt um eine gleiche Winkelgrösse (50¼ Sekunde jährlich), und zwar genau in der Richtung der Ebene der Erdbahn, fortzuschieben, und es ist leicht einzusehen, dass eine viel einfachere Annahme zur Erklärung ausreicht: man lasse nämlich den Anfangspunkt der Zählung sich nach rückwärts schieben, so werden gleichfalls alle Längen grösser, und keiner der Sterne hat seinen Ort verändert.

Dieser Anfangspunkt unserer Zählung ist aber der Durchschnittspunkt des Erdäquators mit der Ebene der Erdbahn, und das Phänomen ist also wesentlich eins mit dem, was wir oben als Zurückschieben der Knoten bezeichnet haben. Wäre die Erde eine entweder absolut oder doch in Beziehung auf ihre einzelnen Schichten homogene Kugel, so würden alle Anziehungen welche sie von irgend einem ausserhalb befindlichen Körper erfährt oder auf diesen ausübt, so gedacht werden können, als wären sie im Mittelpunkte der Kugel vereinigt. Allein die Erde ist ein Sphäroid, dessen kleine Axe (die Rotationsaxe) gegen die Ekliptik unter einem schiefen Winkel geneigt ist. Man nehme aus diesem Sphäroid die grösstmöglichste Kugel heraus, so bleibt eine Schale übrig, deren Dicke an den Polen gleich Null ist und am Aequator ein Maximum (3 geogr. Meilen etwa) erreicht, und die sich also nahe so verhalten wird, wie ein den Aequator der Kugel umgebender Ring. Dieser Ring nun macht innerhalb 24 Stunden einen Umlauf, bei welchem er von dem Monde, der Sonne und andern störenden Körpern (die sämmtlich nahezu in der Ebene der Ekliptik stehen) eine Störung erleidet, ähnlich der, welche wir §. 75. betrachtet haben, und deren Wirkung also darauf hinauskommt, dass die Punkte, in denen Aequator und Ekliptik sich schneiden, rückwärts geschoben und früher erreicht werden, als ausserdem geschähe. Vermöge dieses Rückwärtsschiebens, welches jetzt jährlich

50'',223 beträgt, kommen die Nachtgleichenpunkte innerhalb 26000 Jahren nach und nach in alle Punkte der Ekliptik zu stehen, der Aequator durchschneidet allmählich andere Sternbilder, der Pol des Aepuators ändert gleichfalls seine Stelle am Fixsternhimmel allmählich, indem er in 26000 Jahren einen Kreis um den Pol der Ekliptik beschreibt, und das tropische Jahr, (die Zeit von einer Nachtgleiche zur andern) ist kürzer als das siderische (die wahre und eigentliche Umlaufszeit in Bezug auf feste Himmelspunkte). Gegenwärtig ist das tropische Jahr um 20' 22'',9 kürzer als das siderische; nach 100 Jahren wird es um 20' 23'',5 kürzer als dieses sein.

§. 77.

Eine andere Wirkung der Störungen erblicken wir in der Veränderung derjenigen Punkte, in welchen ein Planet der Sonne am nächsten oder entferntesten steht. Wir haben oben §. 62. gesehen, dass die Form der Bahn durch die ursprüngliche Richtung der Bewegung und durch das Verhältniss der Schwerkraft zur Bewegung bestimmt werde. So lange dieses Verhältniss dasselbe bleibt, wird auch die Form der Bahn sich nicht ändern. Wenn aber durch eine von aussen wirkende (perturbirende) Kraft sich entweder die Bewegung oder die Schwerkraft, oder auch beides, aber in ungleichem Maasse, verändert, so wird auch jenes Verhältniss ein anderes und es muss sich also eine andere Lage der Bahn erzeugen.

(Fig. 40.) Ein Planet eile seinem Perihel *P* zu, und man lasse die Schwerkraft, mit der er gegen die Sonne gravitirt, durch irgend eine von einem dritten Körper ausgehende Kraft vermindert werden, so wird er, wenn er in *P* anlangt, noch nicht seine grösste Sonnennähe erreicht haben, sondern diese wird erst in einem weiter liegenden Punkte *P'* eintreten, die Lage der grossen Axe ist also dadurch aus *PSA* in die *P'S'A'* übergegangen, und er wird nicht seine vorige Bahn, sondern die punktirt bezeichnete einschlagen. Eine Vermehrung der Schwerkraft, oder auch eine Verzögerung der Bewegung in der Bahn, würde das Gegentheil zur Folge haben, der Planet erreichte dann früher sein Perihel und die Axe hätte sich gleichfalls verschoben, aber in umgekehrtem Sinne.

Die perturbirenden Wirkungen sind nun, je nach der gegenseitigen Lage der einzelnen Weltkörper, zu verschiedenartig, als dass sich eine einfache Regel für die Veränderungen, welche der Ort des Perihels erleidet, aufstellen liesse: die Untersuchungen zeigen jedoch, dass, im Ganzen genommen,

die Perihelien sich mehr vor- als rückwärts schieben. Bei unserm Monde ist dies in sehr starkem Maasse der Fall, schon in etwas über acht Jahren schieben sich die Punkte, in denen er seine Erdnähe erreicht, am ganzen Himmel herum, und die Zeit von einem Perihel zum andern ist mehrere Stunden länger als die seines periodischen Umlaufs. Bei den Planeten ist dies jedoch erst in vielen Jahrtausenden der Fall, so rückt z. B. das Aphelium der Erde in einem Jahre nur 11″ siderisch fort und bedarf über 100000 Jahre, um seinen Cyclus zu vollenden und wieder an demselben Punkte des Himmels, wie vorhin, zu stehen.

Die Verschiebung der Knoten und Perihelien lässt, wie man leicht sieht, den Bestand des Planetensystems im Ganzen unverändert. Da mit der Veränderung des Knotens nicht nothwendig eine Veränderung der Neigung selbst, noch mit der des Perihels eine ähnliche der Excentricität verbunden ist, so bleiben von dieser Seite sowohl die Form als die Lage der Bahn dieselbe wie früher. Auch wird es leicht sein, diese Veränderungen, sofern man sie als gleichförmig annehmen kann, bei Planetenrechnungen zu berücksichtigen, indem man bei jedem Orte ein anderes Perihel und einen andern Knoten zum Grunde legt; und eben deshalb pflegen auch diese Veränderungen häufig gar nicht als eigentliche Störungen aufgeführt zu werden. Es fragt sich nun aber, ob nicht auch die andern Elemente, also die halbe grosse Axe und die damit zusammenhängende Umlaufszeit, die Neigung, die Excentricität, endlich der Winkel, den die Aequatoren der Planeten mit ihren Bahnen machen, Aenderungen erfahren. Man sieht leicht, dass diese letztern, wenn sie stattfinden, von weit wesentlicherem Einflusse sowohl auf die Constitution des gesammten Systems, als auf die physischen Verhältnisse eines jeden Planeten insbesondere sein müssen, und dass daher die Betrachtung dieser Störungen noch eine von der astronomischen ganz unabhängige Bedeutung habe, ja die eigentliche Lebensfrage sowohl des unsrigen als der übrigen Planeten in sich begreife. Wir werden deshalb diesem wichtigen Gegenstande einen eigenen Abschnitt widmen, jedoch wird es nöthig sein, vorher die näheren Einzelnheiten des Systems zu betrachten, von dessen Veränderungen in demselben die Rede sein soll.

Sechster Abschnitt.

Topographie des Planetensystems der Sonne.

Erster Theil. Die Sonne.

§. 78.

Der Fixstern*), zu dessen System unsere Erde gehört, ist bei weitem der gewichtigste und grösste Körper in diesem System, und übertrifft an Masse die Summe aller andern Körper desselben etwa 720mal**). Er ist die Quelle des Lichts und der Wärme für sein ganzes System.

*) Dass die Sonne zur Zahl der Fixsterne gehöre, und in gehöriger Entfernung betrachtet auch als solcher erscheinen würde, lässt sich in aller Strenge behaupten. Will man dagegen umgekehrt sagen: alle Fixsterne sind Sonnen, so muss man dies zunächst auf die Eigenschaft des Selbstleuchtens beschränken, denn diese kommt gewiss allen von uns ausserhalb des Sonnensystems wahrgenommenen Körpern zu. Nicht aber kann man es ohne Weiteres als ausgemacht annehmen, dass auch um jeden einzelnen dieser Fixsterne sich, wie um unsere Sonne, Planeten, Kometen u. dgl. bewegen: eine Frage, die wir auf unserm irdischen Standpunkte, gleich vielen andern, wohl nie zur bestimmten Entscheidung bringen werden. Eben so, wie es neben mondenbegleiteten Planeten auch mondlose giebt, kann es neben solchen Sonnen, um welche Planeten laufen, auch andere isolirte und unbegleitete geben.

**) Dass diese Zahl auch dann noch nahe richtig bleiben müsse, wenn man in die zu vergleichende Summe alle etwa noch unbekannten Körper des Sonnensystems mit begreifen wollte, ergiebt sich daraus, dass wir in unsern Störungsrechnungen mit der Masse der bekannten Planeten selbst in denjenigen Fällen ausreichen, wo die Wirkung dieser Störungen ungewöhnlich beträchtlich wird, und wo der Körper über die Grenzen der uns bekannten Planetenwelt hinausgeht, z. B. beim Halley-schen Kometen.

Die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne beträgt 19778288 geographische Meilen, deren 15 auf einen Grad des Erdäquators gehen. In der Astronomie wird jedoch dieses Meilenmaass, wo es sich um Entfernungen der Körper von einander handelt, nicht eigentlich gebraucht, sondern man macht die mittlere Entfernung der Sonne von der Erde selbst zur Einheit, was den auszuführenden Berechnungen mehr Bequemlichkeit und Sicherheit, so wie den Bestimmungen selbst mehr bleibenden Werth verschafft*). Hiernach sind die Entfernungen in der weiter unten folgenden Tabelle angesetzt worden.

Die grösste und (im gegenwärtigen Jahrhundert) am 2. Juli jedes tropischen Jahres stattfindende Entfernung der Sonne ist 20110680 Meilen, die geringste am 1. Januar dagegen 19445820 Meilen. In Erdhalbmessern ausgedrückt, ist die mittlere Entfernung der Sonne = 22934, in Sonnenhalbmessern = 214,42. Bei diesen Bestimmungen ist die Parallaxe der Sonne, d. h. der Winkel, unter welchem der Erdhalbmesser am Sonnenmittelpunkt in mittlerer Entfernung erscheint, nach Winnecke's Berechnung zu 8″,965 angenommen worden.

Die Bewegung der Sonne, welche wir wahrnehmen, ist nur scheinbar und durch die täglichen und jährlichen Bewegungen der Erde erzeugt. Denn in Bezug auf ihr System ist die Sonne ruhend, oder genauer gesprochen, ihre Bewegungen innerhalb desselben sind nur kleine Schwankungen um den allgemeinen Schwerpunkt des Systems, der entweder innerhalb ihres Körpers liegt, oder (wenn Jupiter und Saturn in gleichen Quadranten stehen) etwas ausserhalb desselben fällt; Schwankungen, die überdies nur dem Berechner wahrnehmbar sind. Denn in der Praxis der Astronomie bezieht man alle Bewegungen auf den Mittelpunkt der Sonne, und trägt also die kleinen Bewegungen derselben unter der Rubrik Störungen mit auf die Planeten über. — Diejenige Bewegung der Sonne aber, welche sie, von allen ihren Planeten und Monden begleitet, im Weltraume macht, kommt nicht hier, sondern bei der Beschreibung der Fixsternwelt in Betracht.

Das Licht legt den Weg von der Sonne zur Erde in 8 Minuten 18 Sekunden zurück. Der Schall hingegen, wenn er anders bis dorthin gelangen könnte, würde erst in 15 Jahren

*) Nur bei den Durchmessern und den von diesen abhängenden Bestimmungen der Weltkörper, so wie bei Distanzen auf ihrer Oberfläche, wird das Meilenmaass mit Vortheil angewandt, doch nimmt man auch hier zuweilen den Erddurchmesser (1718,8 geogr. Meilen) als Maasseinheit an.

diesen Raum zurücklegen, und bei der schnellsten Bewegung eines Dampfwagens (von 7 geogr. Meilen pr. St.) würden 335 Jahre erfordert.

§. 79.

Der scheinbare mittlere Durchmesser der Sonne ist = 32′0″,88; der grösste am 1. Januar 32′33″,7; der kleinste am 2. Juli 31′ 29″,2. Er übertrifft, die Kometenschweife zum Theil ausgenommen, die scheinbaren Durchmesser aller andern Himmelskörper und selbst den mittleren des Mondes, der ihm am nächsten kommt.

Der wahre Durchmesser hingegen ist 106,93 Erddurchmesser oder 184186 geograph. Meilen, der Umfang 571516 Meilen. Alle bisher angestellten Messungen vereinigen sich dahin, dass die Sonne entweder eine vollkommene Kugel, oder ihre Abplattung doch zu gering ist, um merklich werden zu können; einige Beobachtungsreihen scheinen selbst einen grösseren Polar- als Aequatoreal-Durchmesser anzudeuten, was indess nicht wohl mit den Gesetzen der Schwere besteht. Betrachtet man die Sonne als mathematische Kugel, so ist ihre Oberfläche 11483 mal der (abgeplatteten) Erdoberfläche und ihr Volumen 1232817 mal dem Volumen des Erdsphäroids gleich.

Dagegen ist die Masse der Sonne nach den neuesten Bestimmungen 313387 mal grösser als die der Erde, woraus die Dichtigkeit der Sonne $= \frac{313387}{1232817} = 0{,}252 = \frac{1}{4}$ der Dichtigkeit des Erdkörpers folgt (beiläufig ist dies die Dichtigkeit des Ebenholzes und der Braunkohle).

Hieraus folgt weiter, dass die Schwerkraft an der Oberfläche der Sonne 27,12 mal grösser als an der Oberfläche der Erde sei, und dass dort ein Körper in der ersten Sekunde 409,49 Pariser Fuss im Fallen zurücklege. Die Geschwindigkeit eines fallenden Körpers auf der Sonne ist demnach weit mehr der einer Flinten- oder Kanonenkugel, als der Fallgeschwindigkeit auf unserer Erde zu vergleichen. Ein Körper, der bei uns 4 Pfund wiegt, würde dort nur durch eine Kraft bewegt werden können, die hier zur Bewegung eines Centners erfordert wird. Ein Geschöpf von unserer Kraft und unserm Körperbau vermöchte dort kaum den Fuss emporzuheben und liefe beim Auftreten Gefahr, ihn zu zerschmettern; schon nach wenigen sehr kurzen Schritten würde völlige Erschöpfung eintreten. Ein Sekundenpendel würde dort die Länge von 86 Pa-

riser Fuss haben, ein mit aller unserer Kraft emporgeworfener Körper sich nur sehr wenig über unsern Kopf erheben. Selbst wenn die Atmosphäre und alles Uebrige sich wie bei uns verhielte (was sicherlich nicht der Fall ist), so würden dennoch alle unsere Pflanzen, durch die ungeheure Schwerkraft zurückgehalten und niedergedrückt, dort knieholzartig am Boden kriechen. Nur Titanen und Cyclopen, wie sie die alten Fabeln uns vorführen, wären dort im Stande, Bauwerke aufzuführen, ja nur die gewöhnlichsten unserer Arbeiten zu verrichten. Schluss: Kein einziges organisirtes Wesen auf der Oberfläche der Sonne kann irgend einem auf unserer Erde in physischer Beziehung ähnlich sein*).

§. 80.

Auf der Oberfläche der Sonne hat man Flecke beobachtet, und aus diesen gefunden, dass sie sich in 25½ Tagen um ihre Axe drehe, dass diese gegen die Axe der Ekliptik 7½ Grad Neigung habe und dass der aufsteigende Knoten des Sonnenäquators in der Ekliptik in 78° der Länge liegt, der entgegengesetze also in 258°. Diese Rotationselemente sind aber, aus weiter unten folgenden Gründen, bei weitem weniger sicher als man nach der Grösse des Sonnenkörpers und der Deutlichkeit, mit welcher die Flecke in der Regel sich darstellen, erwarten sollte.

Zu der Zeit also, wo sich die Sonne in einem dieser Knotenpunkte befindet (beiläufig am 8. Juni und 9. December jedes Jahres), erblicken wir den Aequator der Sonne und dessen Parallelen, folglich auch die Wege der Flecke, als gerade Linien, die mit der Ekliptik und deren Parallelen Winkel von 7½° machen; zu andern Zeiten müssen diese Wege Ellipsen sein, die im Anfange des März und September am weitesten geöffnet sind, wiewohl auch alsdann die Abweichung von der geraden Linie noch nicht sehr augenfällig hervortreten kann. — Hat ferner ein Sonnenfleck seinen Weg einmal zurük-

*) Ich habe mir diese Abschweifung erlaubt, weil ich es für dienlich halte, eine, wenn gleich bekannte, doch bisher wenig oder gar nicht beachtete Differenz der Weltkörper — die verschiedene Schwere an der Oberfläche — in ihren Wirkungen auf die Naturökonomie zur Anschauung zu bringen. Wie Vieles ist nicht, mit Aufbietung alles Scharfsinnes, über die Bewohner des Mondes, der Sonne, der Planeten und Kometen in die Welt hinein geschrieben worden! und gleichwohl vermissen wir in allen diesen Philosophemen fast durchweg die Berücksichtigung der Schwere an der Oberfläche — d. h beinahe des einzigen, was wir über die Physik der Himmelskörper gewiss wissen.

gelegt, so dass er nach 25¼ Tagen wieder demselben Punkte des Himmels gegenübersteht, so währt es doch noch 46 Stunden, ehe er wieder in dieselbe Stellung zur Erde gelangt, denn diese ist in der Zwischenzeit ebenfalls, und zwar in gleichem Sinne wie der Sonnenfleck, in ihrer Bahn fortgerückt, und der Sonnenfleck muss also etwas mehr als einen Umlauf machen, um der Erde wieder gegenüber zu stehen, ähnlich wie der Minutenzeiger einer Uhr etwas mehr als eine Stunde laufen muss, um wieder mit dem Stundenzeiger zusammenzufallen. Diese synodische Umdrehungszeit der Sonne wird also etwa 27½ Tag lang sein (etwas verschieden je nach der langsameren oder schnelleren Bewegung der Erde in ihrer Bahn), und man wird von der Erde aus einen Sonnenfleck 13¾ Tage lang auf der diesseitigen Scheibe sehen, worauf er eine eben so lange Zeit derselben unsichtbar bleibt.

Diese Rotation ist zwar fast 4mal schneller, als die unsers Erdäquators, doch kann sie die Fallgeschwindigkeit nur sehr unbedeutend vermindern (nur 1¼ Linie durchschnittlich für Gegenden am Aequator). Von der Rotationsgeschwindigkeit Jupiters und Saturns wird sie um mehr als das Sechsfache übertroffen.

§. 81.

Es scheint nicht, dass eine Seite der Sonnenkugel im Allgemeinen merklich heller als die andre sei, und eben so merkt man keinen Unterschied der Helligkeit in Bezug auf Aequator und Pole. Die Flecke abgerechnet erscheint der Grund der Sonne gleichartig, woraus man schliessen kann, dass sie nach allen Seiten hin in gleichem Maase Licht verbreite.

Indessen hat *Secchi* in Rom diesen Gegenstand neuerdings untersucht und sich für eine wenn gleich geringe Verschiedenheit der Leuchtkraft einzelner Gegenden der Sonnenkugel ausgesprochen.

Die wahre feste Oberfläche der Sonne ist höchst wahrscheinlich nicht selbstleuchtend, sondern wie die der Planeten und ihrer Monde an sich dunkel. Aber eine sie umgebende Photosphäre (Lichthülle), das Analogon unserer Atmosphäre (Dunsthülle), verbreitet nicht allein rings herum auf ihr selbst, sondern auch, unmittelbar oder durch Anregung, auf allen Weltkörpern ihres Systems Licht und Wärme. Die Photosphäre scheint nicht allein sehr hoch, sondern auch sehr dicht zu sein (schon die grosse Anziehungskraft der Sonne macht letzteres

sehr wahrscheinlich), und *Herschel* äussert die Meinung, dass diese Hülle eine doppelte sei, und aus einer äussern starkglänzenden und einer innern von schwächerem Glanze bestehe, so dass, während erstere vorzugsweise ihr Licht in den Weltraum ausstrahle, die letztere in näherer Beziehung zur Oberfläche des Sonnenkörpers selbst stehe.

Zur näheren Verständigung über diese Verhältnisse wird es nöthig sein, der Beobachtungen zu gedenken, welche man über die Sonnenflecke angestellt hat. Nach der Meinung der Alten war das Sonnenfeuer ein durchaus reines und fleckenloses, und diese Ansicht hatte im Laufe der Zeit selbst eine Art von religiöser Weihe erhalten, so dass die ersten Entdecker der Sonnenflecke einige Vorsicht bei Bekanntmachung ihrer Beobachtungen nöthig fanden. Indess reichen schon ganz mässige Ferngläser hin, den Ungrund jener althergebrachten Meinung jedem vor Augen zu legen. *Scheiner* in Ingolstadt war es, der zuerst Sonnenflecke bemerkte, mindestens hat er seine Wahrnehmung früher bekannt gemacht, als Fabricius, dem einige die Priorität zuschreiben. Sie zeigten sich sehr dunkel und in beträchtlicher Grösse, und zugleich ward es klar, dass es nicht von ihr entfernte, planetenähnliche, umkreisende Körper, sondern zur Sonne selbst gehörende seien. Da man durch ein Fernrohr gewöhnlicher Art die Sonne, ihres lebhaften Glanzes wegen, nicht ohne die grösste Gefahr betrachten kann, so bedient man sich entweder der Blendgläser (dunkel und fast bis zur Undurchsichtigkeit gefärbter Gläser) die man vor das Okular schraubt; oder man lässt das Sonnenbild, welches im Fernrohr erzeugt wird, auf eine Wand fallen, und führt die Messungen und Beobachtungen an diesem Bilde aus, ohne in's Fernrohr selbst zu sehen. Die letztere Methode war früher mehr im Gebrauch; jetzt zieht man fast allgemein die erstere vor. Man erblickt alsdann die Sonne als eine zwar helle, jedoch keineswegs umstrahlte Scheibe von der Farbe des Blendglases; in schwarzer Umgebung, wenn der Himmel völlig heiter ist; in matterleuchteter, wenn er theilweise bezogen ist oder die Sonne zwischen Gewölken steht.

Die ganze Oberfläche der Sonne hat häufig ein gleichsam fein marmorirtes, griessandiges Ansehen. Alsdann unterscheidet man in starken Vergrösserungen eine Menge äusserst feiner mattgrauer Pünktchen, die über die ganze Oberfläche zerstreut liegen. Fliessen sie in einander, so entsteht eine graue Färbung einer solchen Gegend (man nennt dies Höfe oder Nebel) und an diese schliessen sich häufig die schwärzeren Flecken an. Letztere erscheinen nur in der Mittelzone bis zu etwa

25 Grad Entfernung zu beiden Seiten des Aequators und zwar so, dass in den Grenzgegenden dieser Fleckenzone mehr und grössere Flecken als näher am Aequator gesehen werden*). Diese schwarzen Flecke sind etweder Punkte, die zwar an sich hinreichend deutlich, doch ohne eine bestimmt wahrnehmbare Gestalt, sich zeigen, oder Kernflecke, welche eine bestimmte Umrisslinie und messbare Dimensionen darbieten. Diese Kernflecke sind nun häufig von den erwähnten Höfen umgeben, und zwar so, dass der Hof dieselbe Figur im vergrösserten Maassstabe bildet, welche der Kernfleck zeigt. Selten zeigen diese Flecke Annäherung an die Kreisgestalt, meistens sind sie eckig, oft mit sehr spitzen, aus- und einspringenden Winkeln und Bögen, und von den Ecken laufen in einigen Fällen gleichsam strahlenförmig Reihen von Punkten nach den entsprechenden Ecken des umgebenden Hofes.

Kleinere wie grössere Flecken kommen zwar oft auch einzeln vor, häufiger jedoch zeigen sie sich in Gruppen, in denen man zuweilen Hunderte von Flecken zählen kann. Oft umgiebt auch ein gemeinschaftlicher Hof eine ganze Gruppe kleiner Flecke. Durch die grösseren Kernflecke ziehen häufig nieren- und aderartig lichtere Streifen hin und theilen sie gleichsam in mehrere Reviere. — Sowohl die Höfe als die Kernflecke zeigen sich häufiger bestimmt begrenzt, als verwaschen; und Letzteres findet sehr selten am ganzen Umfange herum, sondern nur an einzelnen Stellen statt.

In der Nähe des westlichen oder östlichen Sonnenrandes zeigt sich oft eine den erwähnten Flecken ganz entgegengesetzte Erscheinung: Stellen, welche beträchtlich heller als der übrige Grund sind und die theils aderförmig, theils mehr in grössern Massen sich zeigen (Sonnenfackeln). *Schwabe* bezeichnet diese Erscheinung mit dem Namen Lichtgewölk. Kommen diese Stellen in Folge der Rotationsbewegung der Sonnenmitte näher, so verlieren sie ihr aderartiges Ansehen und gehen in Narben über. Auch das bestimmter unterscheidbare Lichtgewölk zeigt sich nur in derselben Mittelzone, wo sich die Flecken zeigen; weiter nach Nord oder Süd hin bemerkt man keine andern Ungleichheiten als die, welche von dem oben erwähnten fein marmorirten Ansehen der Sonne herrühren.

Die dunkleren Flecke scheinen zwar, im Blendglase betrachtet, völlig schwarz zu sein, was aber nur daher rührt,

---

*) Ein einziges Mal hat *Lahire* einen schwarzen Fleck in 70° der heliographischen Breite wahrgenommen.

dass kein wirklich schwarzer Gegenstand zur Vergleichung hinzugezogen werden kann. Wenn dagegen ein unterer Planet z. B. Merkur vor der Sonne vorübergeht, und uns seine alsdann wirklich schwarze Nachtseite zuwendet, so überzeugt man sich vom Gegentheile. Mit dem Planeten verglichen erscheinen alsdann selbst die dunkelsten Kernflecke nur als ein lichtes Braungrau. Auch hat ein grösserer Fleck, selbst wenn er nicht durch die oben erwähnten Lichtadern unterbrochen ist, fast nie durchweg die gleiche Schwärze, wenn man ihn mit starken Vergrösserungen betrachtet. In der mittleren Entfernung der Sonne entspricht eine Bogensekunde nahe 100 geogr. Meilen; da man nun Sonnenflecke von 1½ bis 2 Minuten Durchmesser beobachtet hat, so folgt, dass ihr wahrer Durchmesser auf 10000 Meilen und darüber steigen kann. Einzelne Flecke haben sich sogar schon dem scharfen unbewaffneten Auge beim Auf- oder Untergange, wo man ohne Beschwerde die Sonne betrachten kann, merklich gemacht. Die grösseren Fleckengruppen ziehen sich zuweilen über den vierten, ja dritten Theil des Sonnendurchmessers hin und haben also 50 bis 60000 Meilen Erstreckung.

§. 82.

Alle diese Erscheinungen sind nun ohne Ausnahme den mannigfaltigsten Veränderungen unterworfen und bis jetzt ist noch nichts Constantes, ja selbst nur bestimmt Gesetzmässiges (die weiterhin zu erwähnende Periodicität ausgenommen) in ihrem Erscheinen und Verschwinden, Wachsen und Abnehmen, Trennen und Wiedervereinigen, so wie in den Aenderungen ihrer Gestalt, wahrgenommen worden. Man kann fast sicher sein, einen heut beobachteten Fleck am folgenden Tage in irgend einer Art verändert wiederzufinden, ganz abgesehen von den durch die verschiedene Stellung bedingten optischen Wechseln. — Da diese Umstände es schon an sich wahrscheinlich machen, dass sich auch eigne Verschiebungen auf der Sonnenkugel damit verbinden, was auch aus der bedeutenden Verschiedenheit der Rotationselemente die man aus den Fleckenbeobachtungen abgeleitet hat, unzweifelhaft hervorgeht, so ist klar, dass eine Sonnenkarte, in dem Sinne wie man Karten der Erde und des Mondes hat, nicht möglich ist. Man wird schwerlich je dahin gelangen, irgend etwas Constantes auf der Sonnenoberfläche mit Sicherheit wahrzunehmen. Einzelne Beobachter wollen zwar im Innern der grossen Kernflecke Andeutungen landschaftlicher Gebilde wahrgenommen haben; dieser Erklärung stehen aber zu viele Bedenklichkeiten entgegen. Die

grosse Schwerkraft auf der Sonne macht die Entstehung so gewaltiger Unebenheiten, dass wir sie noch in 20 Millionen Meilen Entfernung bemerken könnten*), unwahrscheinlich. Wir müssen uns daher mit einzelnen Zeichnungen begnügen, welche die Sonnenoberfläche oder einen ihrer Theile für eine gegebene Zeit, die mindestens dem Tage und der Stunde nach bestimmt sein muss, darstellen. Zeichnungen dieser Art findet man sehr häufig und sie sind bei einiger technischer Fertigkeit nicht eben schwierig zu erhalten. Gegenwärtig hat die Photographie bereits eine zur naturgetreuen Darstellung der Sonnenflecke hinreichende Vollkommenheit erlangt.

Meistens bilden die grösseren Flecke sich nach und nach, innerhalb einiger Tage, durch Anwachsen oder durch Vereinigung mehrerer kleineren, und sie verschwinden in ähnlicher Weise. Da nun beides gewiss eben so gut auf der abgewendeten als der uns zugewendeten Seite der Sonne geschehen wird, so sehen wir oft einen grossen Fleck vom Rande her hereinrücken, von dem früher nichts vorhanden war, und eben so oft verschwinden sie uns am Westrande, ohne dass sie nach Verlauf der halben Umdrehungsperiode sich wieder zeigten. Erscheinen sie aber auch in mehreren Rotationsperioden, so sind sie doch gewöhnlich in jeder neuen so stark verändert, dass man über ihre Identität nicht zur Gewissheit gelangt. — Nach den Rändern zu werden sie in perspectivischer Verkürzung gesehen, und ihre scheinbare Bewegung wird langsamer im Verhältniss des Cosinus ihres Abstandes von der Mitte. Dieser Umstand ist zugleich das beste Kriterium, woran sie von umlaufenden Körpern, die vielleicht innerhalb der Merkursbahn noch vorhanden sein möchten, unterschieden werden können.

Die optische Verkürzung findet zwar nothwendigerweise sowohl für den Hof als den Kernfleck statt, doch mit dem wesentlichen Unterschiede, dass die scheinbare Fortrückung des letzteren etwas langsamer ist als die des Hofes, und dass

---

*) Was auf der Sonne von uns wahrgenommen werden soll, muss nach jeder Dimension hin 400mal ausgedehnter sein als das, was wir unter gleichen Umständen auf dem Monde noch wahrnehmen können. Wir sehen keinen Mondberg mit blossen Augen, und das beste Fernrohr vermag nicht uns die Sonne so nahe zu rücken, dass sie dem Monde, mit unbewaffneten Augen gesehen, vergleichbar würde. Dazu kommt noch der wesentliche Umstand, dass die Schatten, wodurch die Unebenheiten des Mondes am besten hervorgehoben werden, auf der lichtumhüllten Sonne nicht wohl gedacht werden können.

er daher zuletzt nicht mehr in der Mitte seines Hofes steht, sondern östlich zurückbleibt, so dass häufig nur noch im Norden, Westen und Süden, nicht aber im Osten des Kernflecks, ein Hof wahrgenommen wird. Umgekehrt zeigen solche Flecke bei ihrem ersten Erscheinen am Ostrande der Sonne nur östlich einen Hof, kommen aber, wenn sie nach etwa 6 Tagen die Mitte der Scheibe erreicht haben, in die Mitte ihres Hofes zu stehen.

Dieser Umstand führt auf eine wichtige Thatsache, dass nämlich die schwarzen Kernflecken auf einer kleineren Kugel als die Höfe sich bewegen, dass also erstere, in Beziehung auf ihren Hof und die helleren Theile der Sonnenoberfläche einen tiefen Grund bilden. Die Flecken sind demnach nicht etwa, wie man wohl sonst vermuthete, Schlackenmassen, die in dem glühenden Meere der Sonne obenauf schwimmen; sie sind eben so wenig Rauch, der sich aus den Flammen entwickelt; denn erstere müssten ganz im Niveau der hellern Theile liegen und letztere sich über dasselbe erheben, wogegen die Beobachtungen eine Vertiefung der Kernflecken von 3 — 500 Meilen anzudeuten scheinen. Nimmt man dagegen mit *Herschel*, dem Vater, einen an sich dunklen Sonnenkern und zwei Photosphären, die innere schwächer als die äussere glänzend, an, so lässt sich die Erscheinung leicht dadurch erklären, dass man lokale und temporelle Entziehungen der einen oder auch beider Photosphären annimmt, wodurch im ersteren Falle die innere Photosphäre, in letzterem der Kern der Sonne, entblösst wird. Man kann sich die Oeffnung gleichsam trichterartig vorstellen, so dass nur in den innersten Theilen beide Photosphären fehlen. Damit scheint auch der Umstand zusammenzuhängen, dass die Flecke meist desto schwärzer erscheinen, je grösser sie sind. Ist nämlich der Durchmesser des Trichters verhältnissmässig klein, so wird der innere Kern mehr Licht von den Seitenwänden dieser Oeffnung erhalten als bei beträchtlicher Ausdehnung. Mit diesen Entziehungen der Lichtsphäre an einigen Stellen muss nun aber nothwendig eine Anhäufung derselben an andern verbunden sein, die sich für uns zwar weniger merklich machen wird, aber dennoch durch eine Verstärkung des Glanzes wahrnehmbar sein kann, und daraus erklären sich die Sonnenfackeln, so wie der oben bemerkte Umstand, dass sie am häufigsten in der Nähe der Kernflecken gesehen werden.

Zuweilen erscheint die ganze Sonne fleckenfrei, und es hat ganze Jahre gegeben, in denen aufmerksame Beobachter keinen Sonnenfleck gesehen haben. Indess sind diese Fälle

als Ausnahmen zu betrachten. Wie sehr verschieden sie aber in Rücksicht auf ihre Menge und Grösse sich darstellen, darüber kann folgende von *Schwabe* in Dessau gegebene Uebersicht seiner Beobachtungen Auskunft geben:

Jahrgänge.	Zahl der Beobachtungstage.	Zahl der Tage, wo die Sonne fleckenfrei war.		Zahl sämmtlicher Fleckengruppen des Jahres.
1826	277	22		118
27	273	2		161
28	282	—		225
29	244	—		199
30	217	1		190
31	239	3		149
32	270	49		84
33	267	139		33
34	273	120		51
35	244	18	(sämmtlich im Jan.)	173
36	200	—		272
37	168	—		333
38	202	—		282
39	205	—		162
40	263	3		152
41	283	15		102
42	307	64		68
43	324	149		34
44	320	111		52
45	332	29		114
46	314	1	(im Jan.)	157
47	276	—		257
48	278	—		330
49	285	—		238
50	308	2		186
51	308	—		151
52	337	2		125
53	299	4		91
54	334	65		67
55	313	146		38
56	321	193		34
57	324	52		98

Die sehr bedeutende Ab- und Zunahme der Gruppen, und die ihr ganz entsprechende Zu- und Abnahme der fleckenfreien

Tage scheint eine Periodicität von beiläufig 11 Jahren zu verrathen. *Wolff* in Zürich, der auch die früheren Beobachtungen verglichen hat, findet als wahrscheinlichste Periode $11^1/_9$ Jahr, so dass ein Jahrhundert gerade neun Perioden umfasst. Für das Jahr 1855 erhielt er in 265 Beobachtungstagen 148 fleckenfreie und 27 Gruppen. Dazu kommt noch, dass mit der grösseren Zahl der Gruppen auch eine grössere Ausdehnung der einzelnen, so wie ein grösserer Durchmesser der Kernflecke verbunden ist. Flecke, deren Durchmesser den der Erdkugel übertrifft, sind z. B. in den Jahren 1832, 33 und 34 nicht gesehen worden, wohl aber vor- und nachher ziemlich häufig. Im Jahre 1833 waren überhaupt nur ganz einzelne sehr kleine Flecke, ja oft nur Punkte, die sich schnell wieder auflösten, wahrzunehmen, und eben so im folgenden Jahre, mit Ausnahme des Decembers, wo sie wieder häufiger wurden. Dagegen erschien 1828 ein dem blossen Auge sichtbarer Fleck.

§. 83.

Man hat vielfach die Meinung aufgestellt, diese bald gar nicht, bald so zahlreich und ansehnlich sich zeigenden Flecken hätten einen Einfluss auf die Witterung unserer Erde. Da unläugbar die Sonne die Quelle des Lichts und der Wärme ist, da die Quantität der Sonnenstrahlen für beide entscheidend sein muss — selbst wenn die Wärme nicht eigentlich ein Mitgetheiltes, sondern nur ein Erregtes wäre —, so schloss man, dass die durch die schwarzen Flecke verursachte Verminderung des Areals der wirklich leuchtenden Fläche auch eine Verminderung des Lichts und der Wärme zur nächsten Folge haben müsse. Direkte Beobachtungen haben indess hierüber noch nichts entschieden, und überdies ist die Verminderung der leuchtenden Fläche im Ganzen, selbst bei der grössten bis jetzt wahrgenommenen Fleckenfülle, doch wohl zu unbedeutend (sie steigt wohl nie auf $^1/_{100}$), als dass Thermometer und Photometer etwas davon anzeigen sollten, um so mehr als die gleichzeitig erscheinenden Fackeln das Sonnenlicht vermehren müssen und die Entziehung des Lichts, selbst an der Stelle des Kernflecks, doch keineswegs eine absolute ist.

Im Gegensatze zu dieser Meinung äusserte dagegen *Herschel*, die Sonnenflecke oder vielmehr ihre wahrscheinliche Ursach vermöchten wohl eher die Wärme zu vermehren als zu vermindern. Eine starke und schnelle Fleckenbildung

setzt grosse Veränderungen, und diese eine erhöhte Thätigkeit in der Photosphäre der Sonne voraus: die Wirkung des Sonnenstrahls müsse mithin zu solchen Zeiten kraftvoller, durchdringender sein als in andern ruhigern, bei gleichsam erschlaffter oder gebundener Thätigkeit dieser Lichtsphären. Er machte den Versuch dies praktisch nachzuweisen und glaubte gefunden zu haben, dass in Jahren, wo die Flecken sich häufiger zeigten, auch die Ernten reichlicher als in andern ausfielen. Doch auch dies hat sich nicht indem Maasse bestätigt, dass man *Herschel's* Meinung als ein Naturgesetz zu betrachten sich gedrungen fühlen könnte, und der Witterungslauf der oben angeführten Jahre zeigt keine Spur einer solchen Periodicität, die der Fleckenbildung analog wäre. Die von *Lamont* zuerst nachgewiesene Periodicität in der Stärke der Magnetnadel-Bewegungen, die sowohl der Dauer als der Epoche des Maximums nach, mit der Sonnenfleck-Periode übereinstimmt, würde allerdings auf einen Zusammenhang solarer und terrestrischer Phänomene deuten. Darin allein liegt aber noch heine Beziehung auf den Witterungsverlauf.

Wenigstens scheint es gewiss, dass eine Vergleichung bloss lokaler Resultate des Witterungsverlaufes mit astronomischen Phänomenen irgend welcher Art entweder gar keine oder doch nur schwankende und unsichre Resultate liefern könne, selbst in dem Falle, wo das in Rede stehende Phänomen einen direkten Einfluss auf die Witterung des Erdkörpers ausübte. Nur gar zu oft wird es übersehen, dass, in Bezug auf entfernte Weltkörper, einzelne Städte und Länder der Erde so viel als Nichts, und nur allein die Erdkugel als ein Ganzes Etwas ist. Welches auch immer die Ursach einer Vermehrung oder Verminderung der Sonnenthätigkeit sei, die daraus hervorgehende Veränderung, sofern sie stattfindet, trifft stets die gesammte Erdoberfläche. Sie kann zufällig, in Folge lokaler Gegeneinwirkungen, an einzelnen Orten weniger bemerkbar hervortreten als an andern, aber lokal im eigentlichen Sinne kann sie niemals sein und sollte daher auch nie zur Erklärung wahrgenommener lokaler Witterungs-Anomalien herbeigezogen werden, jedenfalls nur erst dann, wenn man sich nach Möglichkeit überzeugt hat, dass die wahrgenommene Anomalie gleichzeitig auf der ganzen Erde, wenn auch nicht in gleicher Stärke, doch in gleichem Sinne, stattgefunden habe. Wäre dies nicht möglich, so müsste man wenigstens sehr lange fortgesetzte und genaue Beobachtungsreihen eines Ortes mit eben so genauen astronomischen Beobachtungen verglei-

chen, wobei sich dann vielleicht etwas mit Wahrscheinlichkeit ergeben könnte*). So ist man aber bisher noch nirgends verfahren, und eben deswegen ist es noch nicht möglich, eine Entscheidung für oder gegen *Herschel's* Meinung auszusprechen.

Im Winter 1845 hat Hr. *Alexander* zu Princetown (Nordamerika) einen grossen dunklen Sonnenflecken auf einen thermoelektrischen Apparat einwirken lassen und das Resultat erhalten, dass der Sonnenfleck weniger Wärme errege als ein gleich grosser Theil der fleckenfreien Scheibe. Allein dies ist noch keine Wiederlegung *Herschel's*, der keinesweges behauptet hat, dass die grössere Wärme im Flecken selbst liege, sondern nur, dass die ganze Sonne zu einer Zeit, wo viele Flecken sich bilden, eine erhöhte wärmeerregende Kraft besitze, was sich mit *Alexander's* Resultat ganz wohl vertragen würde.

§. 84.

Da die Beobachtungen der Sonnenoberfläche weder fester Meridianinstrumente noch Ferngläser von ungewöhnlichen Dimensionen bedürfen (bei den letzteren würde es sogar der Gefahr für das Auge wegen nicht räthlich sein, ihre volle optische Kraft in Anwendung zu bringen), so werden sie seltener auf Hauptsternwarten, häufiger von blossen Liebhabern der Astronomie ausgeführt, deren einige mit grosser Beharrlichkeit sich ihnen gewidmet haben. *Hahn*, *Pastorff*, *Sömmering* u. A. m. verdienen eine rühmliche Erwähnung und haben uns manche wichtige Aufschlüsse über diesen Gegenstand gegeben: manche Andere dagegen sind durch Missverstand und Unkunde in ihrem Eifer auf falsche Wege geleitet und zu monströsen Resultaten gebracht worden. So verfertigte sich z. B. ein Liebhaber der Astronomie in Nordamerika selbst ein Fernrohr und dehnte das durch dasselbe an eine Wand fallende Sonnen-

---

*) Die Winter in Island, Grönland und dem nördlichen Amerika überhaupt zeigen sich nicht allein häufig, sondern ganz gewöhnlich, im entgegengesetzten Sinne anomal als die europäischen. Fast alle Hauptwinter des europäischen Continents (wie 1740) finden sich in Islands Annalen als gelinde aufgeführt und so umgekehrt. Sommer, die in Frankreich und Deutschland durchaus regnicht sind, zeigen sich oft in Osteuropa heiter und warm, während unsere schönen Sommer (wie 1819 und 1826) dort entweder ganz gewöhnliche oder wohl gar unfreundliche waren. Und doch ist hier noch gar nicht die Rede von grossen Entfernungen oder beträchtlich verschiedenen Zonen.

bild auf 8 Fuss Durchmesser aus. Natürlich musste dabei alles verwaschen und undeutlich erscheinen, und so glaubte er sich zu dem Schlusse berechtigt, die Flecken der Sonne seien Qualm- und Rauchmassen, sowie die des Mondes nichts als Schnee und Eis. Es ist traurig, dass solche Absurditäten nicht allein vom grossen Haufen, sondern selbst von einer gewissen Klasse von Schriftstellern begieriger ergriffen werden als die vorsichtigen Schlüsse sorgfältiger und genauer Beobachter, die es wissen, wie viel dazu gehört, ehe man in astronomischen Gegenständen eine Entscheidung wagen kann.

Man hat überhaupt gar nicht nöthig, an ein wirkliches Brennen der Sonnenoberfläche zu denken. Woher sollte dieses ewige Feuer fortwährend seine Narhung ziehen, und warum verhalten sich die Wirkungen des Sonnenlichts nicht blos quantitativ, sondern auch qualitativ ganz verschieden von denen eines Feuers? Wir gewahren keine Spur von Flammen, die doch, wenn ihre Höhe nur einigermassen im Verhältniss zur Grösse des brennenden Körpers stände, sich am Sonnenrande in starken Vergrösserungen verrathen müssten. Vielmehr zeigt sich bei ruhiger und heiterer Luft der Rand der Sonne eben so scharf begrenzt, als dies beim Monde oder den Planeten der Fall ist. Das Leuchten der Sonne, so wie ihre erwärmende Kraft, steht vielmehr höchst wahrcheinlich im Zusammenhange mit der grossen Schwerkraft an ihrer Oberfläche, welche eine grosse Verdichtung der umhüllenden gasartigen Massen zur Folge haben muss. Es ist bekannt, dass man allein durch Verdichtung der Luft auf das 30 — 40fache ihres normalen Zustandes nicht allein Wärme erregen, sondern auch (wenn gleich nur momentan) Lichterscheinungen hervorbringen kann: auf der Sonne aber findet eine ähnliche Verdichtung fast beständig statt, und diese Massen erstrecken sich, wie wir oben gesehen, auf Hunderte von Meilen in die Höhe. Es scheint, dass jeder mit einer so stark verdichteten gasförmigen Hülle umgebene Körper leuchten müsse, und dass eine sehr beträchtliche Masse überhaupt nothwendige Bedingung des Selbstleuchtens sei: das Wenige, was wir von den Massen der Fixsterne bis jetzt wissen, widerspricht dieser Annahme keinesweges; und wenn die Undulationstheorie, nach welcher das Licht gar kein von der Sonne zur Erde fortschiessender Strahl im eigentlichen Sinne, sondern nur eine sich fortpflanzende schwingende Bewegung der Aetherwellen ist, nach neuern Untersuchungen gegen die frühere Emanationstheorie Recht hat, so wird ein Brennen des Sonnenkörpers vollends als überflüssig und nutzlos erscheinen.

Mehrfach ist die Ansicht ausgesprochen worden, der Durchmesser der Sonne sei im Abnehmen begriffen. Hauptsächlich stützte man sich auf die fast 40 Jahre hindurch fortgesetzten Messungen *Maskelyne's* in Greenwich, welche in diesem Zeitraum eine Abnahme von 1½ Sekunden andeuten. Frühere Beobachtungen waren theils zu ungenau, theils schienen sie mit *Maskelyne's* Resultate zu stimmen, indem sie die Sonne meist grösser gefunden als dieser. Allein das halbe Jahrhundert, das seit *Maskelyne's* letzten Messungen verflossen ist, hat eine weitere Abnahme nicht dargethan, und gleichwohl war die Sorgfalt in Vermeidung möglicher Irrthümer und Anbringung der erforderlichen Correctionen bei den Astronomen des 19ten Jahrhunderts beträchtlich grösser, als wir dies bei *Maskelyne* finden, dessen Meridianbeobachtungen überdies in *Bessel's* neuester Untersuchung sich nicht so bewährt haben, wie man es von einem so thätigen Beobachter zu erwarten berechtigt war. Ferner gaben die Alten (*Thales*, *Aristarch*, *Eratosthenes* u. A.) meist in runder Zahl den Sonnendurchmesser zu 30′ an; wir finden 32′ 1″; es lässt sich also aus jener freilich sehr rohen Angabe nichts zu Gunsten einer Abnahme schliessen. Wenn seit Einführung verbesserter achromatischer Objective der Sonnendurchmesser kleiner gefunden wird als früher bei nichtachromatischen, so muss man nicht vergessen, dass dies von allen Durchmessern der Himmelskörper gilt und einzig daher rührt, dass die früheren Ferngläser eine stärkere Irradiation zeigen. *Maskelyne* hatte bis 1774 sich eines nichtachromatischen, später eines achromatischen Objectivs bedient, und überdies muss auf die im Laufe von 40 Jahren verminderte Reizbarkeit des Auges Rücksicht genommen werden; denn gewiss liegt die Ursache der Irradiation nur zum Theil in der Beschaffenheit des Fernrohrs, und zu einem andern in der des beobachtenden Auges. Wenn übrigens wirklich eine — jedenfalls geringe — Abnahme des Durchmessers in irgend welcher Zeit stattgefunden haben sollte, so könnte diese Abnahme sich nicht auch auf die Masse erstrecken; diese ist vielmehr nothwendig constant, so lange die Umlaufszeiten der Erde und der übrigen Planeten constant sind.

In neuester Zeit sind zwei Physiker, *Nervander* in Helsingfors und *Buys-Ballot* in Utrecht, durch Berechnung vieljähriger meteorologischer Beobachtungen zu dem Resultat gelangt, dass eine Seite der Sonne (nach *Ballot* die, welche der Erde am 1. Januar 1846 zugewendet war) eine stärkere wärmende Kraft als die entgegengesetzte habe, die sich in einer Periodicität der Temperatur verräth, und auch *Secchi's* in dem

schönen Klima von Rom angestellte Beobachtungen stimmen damit überein. *Ballot's* Periode ist 27 Tage 16 Stunden 37 Minuten Sonnenzeit, und dies würde, die Richtigkeit der Hypothese vorausgesetzt, auf eine Rotationszeit der Sonne von 25 Tagen 17 Stunden 48 Minuten führen. Oben (§. 80.) ward als ungefähres Resultat der Fleckenbeobachtungen 25½ Tag angeführt; und *Laugier's* in Paris neuerdings angestellte Beobachtungen geben noch einige Stunden weniger.

Da indess die Unmöglichkeit, aus den sehr veränderlichen Sonnenflecken eine genaue Bestimmung zu erhalten, längst von allen Astronomen erkannt ist, so verdient der von den genannten Physikern eingeschlagene neue Weg alle Beachtung, um so mehr, als die von ihnen gefundene Periode nur um 3⅓ Stunden von einer andern astronomisch wichtigen, nämlich der des Mondperigäums (von der weiter unten §. 96. die Rede sein wird) abweicht, und frühere Berechner meteorologischer Beobachtungen (unter ihnen der Verf. selbst) eine vom Mondpärigäum abhängende Temperaturperiode zu erkennen glaubten. Eine sehr lange Reihe von Jahrgängen ist jedenfalls erforderlich, um nicht nur zwischen beiden Hypothesen zu entscheiden, sondern auch die Periode der Sonnenrotation noch genauer zu bestimmen. Sind wir erst dahin gelangt, so werden wir nicht allein über die Gesetze, welchen die eigenen Bewegungen der Flecke unterworfen sind, Aufschluss erhalten, sondern auch das sichere Erkennen etwaniger constanter Oberflächentheile wird ermöglicht und wohl noch manche andere das Sonnensystem betreffende Verhältnisse in ihrem Zusammenhange erkannt werden. Ich bezeichne diesen Gegenstand als eine würdige Aufgabe für solche, die gern einen Beitrag zur Erweiterung der Himmelskunde liefern möchten und gleichwohl der Werkzeuge von grosser optischer Kraft entbehren, von denen man häufig, aber mit Unrecht, solche Erweiterungen ausschliesslich erwartet.

§. 85.

Es ist hier noch einer Erscheinung zu gedenken, welche sich bei ganz oder nahe totalen Sonnenfinsternissen gezeigt hat, und welche bei fortgesetzter Beobachtung uns wichtige Aufschlüsse über die Natur dieses Weltkörpers zu geben verspricht.

Fig. 41. Wenn der Mond die Sonne bis auf ein schmales ringförmiges Stück bedeckt hat, so dass zwischen den Spitzen *a* und *b* noch ein Raum von einigen Bogenminuten fehlt, weil der Mond an dieser Stelle den Sonnenrand ganz verdeckt, so bemerkt man, und zwar im Dämpfglase des Fernrohrs, einen

zarten röthlichen, zwischen *a* und *b* längs des Mondrandes sich erstreckenden Lichtbogen, auf welchem sich die dunklen Randberge des Mondes in derselben schönen Deutlichkeit zeigen als auf der Sonnenscheibe selbst. Der Umstand, dass dieses Licht noch im Dämpfglase wahrgenommen wird, deutet auf eine sehr bedeutende Intensität desselben; zugleich ist es klar, dass es nicht vom Monde herrühren kann, denn dieser wendet uns seine dunkele Seite zu, und selbst der erleuchtete Mond kann am Tage im Dämpfglase nicht gesehen werden. Am ausführlichsten und gründlichsten beschreibt dieses Phänomen *Bessel*, der es während der grossen Sonnenfinsterniss am 15. Mai 1836 selbst zu beobachten die seltene Gelegenheit hatte (*Schumacher's* Astron. Nachrichten S. 320); ausserdem ist es, bei dieser und andern Finsternissen, von *Fischer* in Apenrade, *van Swinden* und *Greve* in Amsterdam, *Horner* in Zürich, *Lindener* in Glatz u. A. wahrgenommen; *Stöpel* in Tangermünde glaubte (7. September 1820) den erwähnten Lichtstreifen orangefarbig zu sehen.

Wenn die Finsterniss total wird, so bedarf man des Dämpfglases nicht mehr, und alsdann zeigt sich eine Erscheinung, welche alle Beobachter in Staunen gesetzt hat, und die nur bedauern lässt, dass die Gelegenheit, sie zu sehen, so überaus selten ist (zwischen 1705 und 1887 kommt für Berlin keine totale Sonnenfinsterniss vor, und wie manche wird noch durch ungünstige Witterung vereitelt!) und so kurze Zeit dauert (die grösstmöglichste Dauer ist etwa 5 Minuten). Ein leuchtender Ring von grosser Breite und Intensität bildet sich rings um den Mond herum, und verbreitet so viel Helligkeit, dass es während der totalen Finsterniss kaum dunkler ist, als kurz vor oder nachher; *Bowditch*, *Ferrer* und *Adams* beobachteten ihn in Nordamerika an verschiedenen Orten während der Finsterniss vom 16. Juni 1806. *Ferrer* setzt den Ring sogar 40′ bis 50′ breit. *Ulloa*, der auf einer Seereise (24. Juni 1778) zwischen Terceira und Cap St. Vincent eine totale Sonnenfinsterniss beobachtete*), sah einen starkglänzenden Ring, der sich schnell im Kreise „wie ein um einen Mittelpunkt laufendes Kunstfeuer“ zu bewegen schien. Sein Licht ward desto blendender und stärker, je näher die Mitte der Finsterniss kam, und er war um diese Zeit 1/6 des Monddurchmessers also 5′ 30″ breit. Nach allen Seiten verbreiteten sich von diesem Kreise aus Lichtstrahlen, die noch in der Entfernung eines Monddurchmessers (33′) sichtbar waren. Zunächst um den Mond lag ein rothes, hierauf

*) Sein Brief an die Königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin.

hellgelbes Licht, das sich allmälig ins Weisse verlor, und diese Aufeinanderfolge der Farben blieb unverändert, wiewohl die Länge der Strahlen sich mit der wirbelnden Bewegung schnell veränderte. Die Breite des Ringes nahm, als die Mitte der Finsterniss vorüber war, wieder ab, und einige Sekunden vor dem Wiedererscheinen des ersten Stücks der wirklichen Sonne war er völlig verschwunden. Vor und nach der Erscheinung des Ringes sah *Ulloa* mit blossem Auge die Sterne erster und zweiter, während seines stärksten Glanzes nur noch die Sterne erster Grösse. Bei der Sonnenfinsterniss vom 8. Juli 1842 hat man diesen Ring, aber in weisser Farbe, gleichfalls an allen Orten wahrgenommen, wo die Luft heiter genug war. In dieser Lichtkrone bemerkte man 1842 und 1851 noch an mehreren Stellen rothe oder violette Hervorragungen von verschiedener Gestalt, die, wie die Beobachtungen deutlich darthun, der Sonne' und nicht dem verdeckenden Monde angehören.

Die wahrscheinlichste Erklärung des Phänomens ist die dass die Sonne, aussser den Photosphären, welche ihre für gewöhnlich sichtbare Grenze bilden, mit einer physischen Lichthülle bis zu einer grossen Ferne hin umgeben ist, die aber doch nicht stark genug glänzt, um neben der wirklichen Sonne noch wargenommen zu werden; daher denn die einzige Gelegenheit, sie zu sehen, dann eintritt, wann weder direktes, noch gebrochenes Sonnenlicht zu uns gelangt und gleichwohl die Gegend, wo die Sonne steht, sich über unserm Horizont befindet, d. h. nur bei ganz oder nahe totalen Sonnenfinsternissen. Es sind dies im — im Sinne der Undulationstheorie gesprochen — die dichtesten und in heftigster Erschütterung befindlichen Theile des Aethers, welche diese Hülle bilden, die, wie aus allen Beobachtungen erhellt, durchaus keine bestimmte obere Grenze hat, sondern jederzeit so weit hin wahrgenommen wird, als es die besondern Umstände zulassen. Vom Rotationsschwunge des Sonnenkörpers kann es übrigens nicht allein herrühren, da es sich sonst an den Polen der Sonne entweder gar nicht oder doch beträchtlich schwächer als am Aequator zeigen müsste. Die rothen Protuberanzen aber scheinen mit den Sonnenfackeln, (helleren Stellen auf der Sonnenoberfläche) zusammenzuhängen, die wir, diese seltne Gelegenheit ausgenommen, nur auf der Sonne projicirt erblicken.

§. 86.

Ausserdem wird die Sonne noch von einem sehr blassen zarten Lichte begleitet, welches sich, jedoch nur in der Ebene

ihres Aequators, auf grosse Fernen hin, bis über die Bahnen des Merkur und der Venus hinaus, erstreckt, und welches unter dem Namen des Zodiakallichtes bekannt ist. Wir erblicken es zu der Zeit, wo der Sonnenäquator als eine Ellipse erscheint, und zwar desto besser, je weiter diese geöffnet ist; überdies aber hängt seine Sichtbarkeit noch von dem Winkel ab, welchen der Parallel, in welchem sich die Sonne befindet, mit dem Horizont eines Ortes macht. Je näher dieser Winkel einem rechten kommt, desto kürzer ist die Dämmerung und desto weniger kann sie folglich die Sichtbarkeit des Zodiakallichtes beeinträchtigen. Es erstreckt sich in der Ekliptik pyramidalisch bis zu 50 und mehreren Graden fort und seine Breite an der Basis wechselt zwischen 8 und 30 Graden. Im Februar, März und April wird es in den Abendstunden, so wie im September und Oktober in den Morgenstunden, für unsere Gegenden am besten sichtbar; in den Aequatorgegenden sieht man es den grössten Theil des Jahres hindurch, weil dort die Dämmerungen in ihrem Minimo sind und die Ekliptik stets nahe am Scheitelpunkte vorübergeht; nur wenn die Sonne sich in den Knotenpunkten ihres Aequators mit der Ekliptik befindet, wir folglich nahe in der verlängerten Ebene dieses Zodiakallichtes selbst uns befinden, wird es nirgend auf der Erde gesehen. Den Völkern in tropischen Gegenden war es daher auch schon längst bekannt: in Europa hat man erst seit wenigen Jahrhunderten darauf geachtet. Mit dem Schimmer der Milchstrasse zeigt es grosse Aehnlichkeit.

Zweiter Theil. Die Planeten und ihre Monde.

§. 87.

Wir zählen (1866) 92 zum Sonnensystem gehörende Planeten, zu denen auch unsere Erde gehört. Fünf der übrigen waren schon in den ältesten Zeiten bekannt; die 86 andern sind erst in neueren Zeiten durch Hülfe der Ferngläser entdeckt worden. In der Vorzeit zählte man demungeachtet sieben Planeten, die mit den sieben Wochentagen und 7 Metallen (die Zahl der letztern hat sich seitdem in noch viel stärkerem Maasse erweitert) in Harmonie gesetzt waren und mit diesen gemeinschaftliche Zeichen hatten. Man zählte nämlich Sonne und Mond mit, liess aber die Erde aus, und so bildete man folgendes Schema:

Sonnt.	Mont.	Dienst.	Mittw.	Donn.	Freit.	Sonnab.
Gold	Silber	Eisen	Quecksilber	Zinn	Kupfer	Blei
Sonne	Mond	Mars	Merkur	Jupiter	Venus	Saturn
☉	☽	♂	☿	♃	♀	♄

Die Namen und Zeichen der Planeten sind nicht allein beibehalten, sondern auch einigen seitdem neu entdeckten ähnliche Namen und Zeit gegeben worden; jene Beziehung zu den Wochentagen und Metallen aber ist längst aufgegeben und hat nur noch für denjenigen Wichtigkeit, der die Geschichte der astrologischen Träumereien des Studiums werth erachtet. Auf der weiterhin folgenden Planetentafel sollen sie einzeln aufgeführt werden.

Es ist wahrscheinlich, dass noch mehr Planeten zu unserm Sonnensystem gehören, theils jenseit der bekannten, theils zwischen den Bahnen derselben, oder auch innerhalb der Merkursbahn.

Um einige der genannten Planeten laufen Monde (Nebenplaneten, Trabanten, Satelliten); auch unsere Erde hat einen Mond. Wir lassen nun die Beschreibung der einzelnen Planeten folgen, wobei wir aber, statt der früher gebräuchlichen Eintheilung in untere und obere, 3 nach einem allgemeineren Gesichtspunkt angeordnete Gruppen annehmen. Die erste und innerste dieser Gruppen, mittelgross, sehr dicht, mondarm, wenig abgeplattet und in beiläufig 24 Stunden rotirend, begreift 4 Planeten: Merkur, Venus, Erde und Mars, nebst dem Erdmonde.

I. Innere Gruppe.

Merkur.

§. 88.

Dieser Planet steht unter allen andern uns bekannten der Sonne am nächsten, nämlich in mittlerer Entfernung 0,3870938 oder nahe 7⅔ Mill. Meilen. Die starke Excentricität der Bahn entfernt ihn bis 0,4666872 und nähert ihn der Sonne bis zu 0,3075004, also resp. 9½ und 6 Millionen Meilen. Die Excentricität (0,2056178) ist jetzt im langsamen Zunehmen begriffen. Die Länge des Perihels ist 74° 57′ 27″,0 und nimmt (tropisch) jährlich um 56″, 03 zu; allein nur 5″, 81 sind wahre Zunahme; das übrige rührt von der Veränderung der Aequinoctialpunkte unserer Erde her. Daher hat er auch eine starke Mittelpunktsgleichung, nämlich 23° 40′ 43″,6, welche jährlich um + 0″,016 zunimmt. Die Neigung der Bahn gegen die Erdbahn ist 7° 0′ 13″,3 und sie nimmt jährlich um 0″, 184 zu; die Länge des aufsteigenden Knotens in der Ekliptik beträgt 46° 23′ 55″,0 mit einer jährlichen tropischen Zunahme von 40″, 15. Denn siderisch betrachtet rücken sowohl die Knoten der Merkurs- als die aller andern Planetenbahnen rückwärts.

Er vollendet seinen Umlauf, nach Erdentagen gemessen, in 87 T. 23^h 15′ 46″; seine tropische Umlaufszeit ist wegen des Zurückweichens der Nachtgleichen, wie bei allen andern Planeten, etwas kürzer und beträgt 87 T. 23^h 14′ 35″.

Aus den angegebenen Elementen folgt, dass er die Sonne in der mittleren Entfernung 6⅔ mal, in der grössten Nähe 10⅔ mal, in der grössten Entfernung 4½ mal grösser erblickt, als wir auf der Erde, und dass er in denselben Verhältnissen stärker von ihr erleuchtet wird. Ob aber auch eben so viel mal stärker *erwärmt*, lässt sich deswegen nicht mit Gewissheit bestimmen, weil wir nicht wissen, ob die specifische Wärme (die Fähigkeit, erwärmt zu werden) bei Merkur durchschnittlich dieselbe ist, wie bei der Erde; wogegen wir, da die *Erleuchtung* nur von der Quantität der Lichtstrahlen abhängt und diese sich genau umgekehrt wie das Quadrat der

Distanz verhält, das angegebene Verhältniss als ein zuverlässiges betrachten können.

Nach *Bessel's* Messungen, die er bei Gelegenheit des Merkursdurchganges 1832 am 5. Mai anstellte, erscheint er, in mittlerer Entfernung betrachtet, 6",69 im Durchmesser gross und der wahre Durchmesser beträgt 641 Meilen. In seiner grössten Entfernung von unserer Erde, also in der obern Conjunction kann sich der scheinbare Durchmesser bis zu 4",4 vermindern und in den untern Conjunctionen bis zu 12",6 steigen; die grösst- und kleinstmöglichste Entfernung Merkurs von der Erde beträgt 29 und 10½ Mill. Meilen.

Durch Beobachtung von Flecken auf seiner Oberfläche, die übrigens sehr selten erscheinen und schwer wahrzunehmen sind, haben *Harding* und *Schröter* die Rotationsperiode auf 24 Stund. 5 Min. bestimmt: ein noch sehr ungewisses Datum. Noch weniger wissen wir von der Neigung seiner Axe gegen die Ebene seiner Bahn, so dass wir über seine Jahreszeiten nichts weiter bestimmen können, als dass sie durchschnittlich jede 22 Erdentage dauern. Wenn die angegebene Periode auch nur ohngefähr richtig ist, so kann Merkur keine merklich stärkere Abplattung als die Erde haben, und alsdann muss sie für unsere Beobachtungen ganz unmerklich sein; in der That hat *Bessel* bei seinen sehr genauen Messungen keine Abplattung finden können. Aus *Dawe's* Messungen scheint zwar eine Abplattung ($^1/_{29}$) zu folgen; allein *Bessel's* Resultat dürfte mehr Vertrauen verdienen.

Die Masse des Merkur ist schwer zu bestimmen: die einzige Gelegenheit, zu einer Bestimmung zu gelangen hat bis jetzt der Enckesche Komet dargeboten, der 1835 dem Merkur sehr nahe kam. Hiernach ist seine Masse etwa $^1/_{4800000}$ Theil der Sonnemasse, und seine Dichtigkeit ohngefähr 1,3 der Dichtigkeit der Erde, der Fall eines Körpers auf seiner Oberfläche beträgt in der ersten Sekunde 7,6 Pariser Fuss, und die Schwere der Körper ist = 0,49 derjenigen, welche auf der Erde stattfindet, oder 100 Pfund auf der Erde sind nur 49 Pfund auf Merkur.

Als unterer Planet kann er, in Beziehung zu Erde und Sonne, in oberer und unterer Conjunction, so wie in westlicher und östlicher Elongation, doch nie in Opposition erscheinen. Er entfernt sich nie über 27° 42' von der Sonne, und dies nur dann, wenn er gleichzeitig in seiner Sonnenferne steht und in dem Dreieck: Erde Merkur Sonne, der Winkel am Merkur ein Rechter ist. Daher wird er nie in voller

Nacht, sondern nur in der Abend- und Morgendämmerung (und in den nördlicheren und südlicheren Gegenden der Erde nur mit Schwierigkeit) wahrgenommen, aber in stark blitzendem Lichte. In den äussersten Elongationen ist er halb erleuchtet, in grösserer Nähe zur Erde weniger, in grösserer Entfernung mehr als halb. Indess bemerkt man, dass er stets etwas weniger erleuchtet scheint, als die Rechnung ergiebt, wenn man in letzterer voraussetzt, dass er weder eine Abweichung von der Kugelgestalt habe, noch eine Brechung des Lichtstrahls stattfinde. Diese Wahrnehmung führt also darauf, dass Merkur entweder eine strahlenbrechende Atmosphäre oder Gebirge habe, am wahrscheinlichsten Beides.

Merkur kann in seiner untern Conjunction, wenn er nahe genug einem seiner Knoten steht, vor der Sonnenscheibe vorübergehen und uns einen wiewohl sehr kleinen Theil derselben verdecken. Mit blossem Auge ist das Phänomen nicht wahrzunehmen und deshalb hat man im Alterthume von einem solchen Durchgange des Merkur nichts wissen können. Nachdem das Copernicanische System die theoretische, und das Fernrohr die praktische Möglichkeit eines solchen Durchgangs gewährt hatte, beobachtete zuerst *Gassendi* einen solchen am 6. November 1631. Merkur erscheint in diesen Durchgängen als völlig regelmässiger, scharf begrenzter, pechschwarzer Kreis ohne eine Spur von Umhüllung. Sie können gegenwärtig nur in den Anfang des Mai oder November fallen, und diese Zeitpunkte schieben sich in einem Jahrtausend um 11 Tage vorwärts. Die nächstfolgenden sind:

1861 Nov. 11
1868 Nov. 4
1878 Mai 6
(1881 Nov. 7)
(1891 Mai 9)
1894 Nov. 10
(1901 Nov. 4).

Die in ( ) eingeschlossenen werden für Berlin unsichtbar, die übrigen theilweis oder ganz sichtbar sein. In jedem Jahrhundert ereignen sich durchschnittlich 13 solcher Durchgänge, und ihre mittlere Dauer ist 5 Stunden, wenn Merkur nahe der Sonnenmitte vorübergeht, ausserdem weniger.

Das entgegengesetzte Phänomen in der oberen Conjunction, die Bedeckung Merkurs durch die Sonne, kann aus leicht

begreiflichen Gründen kein Gegenstand unserer Beobachtungen sein.

Von einer untern Conjunction Merkurs bis zur nächsten verfliessen 115 Tage 21 Stunden, welche Zeit man seinen synodischen Umlauf nennt. Um die Zeit seiner untern Conjunction wird Merkur, wie oben gezeigt worden, rückläufig. Durchschnittlich dauert diese Rückläufigkeit 22 Tage und der retrograd beschriebene Bogen 12° 25,5. Doch kann die Zeit von 20 bis 24 Tagen, und der Bogen von 16° 18′ bis 8° 33′ variiren. Selbstverständlich ist hier wie bei allen andern Planeten nur der geometrische Ort zu verstehen.

Venus.

§. 89.

Ihre mittlere Entfernung von der Sonne beträgt 0,7233317 oder 14 Million Meilen. Sie hat unter allen Planeten die geringste Excentricität, nämlich 0,0068183, und diese vermindert sich in 100 Jahren um 0,0001088. Die grösste Entfernung von der Sonne ist demnach 0,7282636 und die kleinste 0,7184002, welcher Unterschied nur etwa 200000 Meilen beträgt. Das Perihelium der Venus liegt in 124° 14′ 25″,2 und rückt tropisch alljährlich um 46″,98 vor. Die Neigung der Bahn gegen die Ekliptik ist 3° 23′ 31″,4 mit einer jährlichen Zunahme von 0″,072, und der aufsteigende Knoten hat eine Länge von 75° 11′ 39″,8 mit einer jährlichen Zunahme von + 29″,72*); die Mittelpunktsgleichung ist ebenfalls die kleinste planetarische und beträgt 46′ 55″,8 mit einer jährlichen Verminderung von 0″,449.

Die siderische Umlaufszeit der Venus beträgt 224 T.

---

*) Die angegebenen Zu- und Abnahmen der Elemente bei Venus wie bei allen übrigen Planeten sind selbst veränderlich, aber freilich nach Perioden, die viele Jahrtausende umfassen. Die Zunahmen der Neigungen und Excentricitäten gehen nach Verlauf solcher Perioden in Abnahmen über, und umgekehrt; die angegebenen Zahlen gelten für gegenwärtige Zeit (1840) und etwa für die nächstfolgenden Jahrhunderte.

16^h 49′ 7″, die tropische 224 T. 16^h 41′ 25″. Zur Umlaufszeit der Erde verhält sie sich nahe wie 5 : 8.

Kein Planet kommt der Erde so nahe als Venus, sie kann sich uns bis auf 5 Mill. Meilen nähern, dagegen auch 34¼ bis auf 34½ Mill. Meilen entfernen, also auf das Siebenfache der kleinsten Distanz. Diese bedeutenden Differenzen veranlassen auch eine grosse Veränderlichkeit des scheinbaren Durchmessers, der von 9″,3, seinem kleinsten, und 17″,1, seinem mittleren Werthe, bis zu 64″ anwachsen kann, grösser als der irgend eines andern Planeten. Der wahre Durchmesser brträgt (nach meinen Messungen) 1662 Meilen, mithin nahezu so viel als der Erddurchmesser; die Abplattung scheint eben so wenig merklich zu sein als bei Merkur.

Venus ist der glänzendste Stern unsers Firmaments. Als unterer Planet kann er nie der Sonne opponiren und sich überhaupt nicht über 48° nach Ost oder West von ihr entfernen, allein seine Sichtbarkeit ist doch weit mehr begünstigt, als die des Merkur; er kann 3 Stunden und länger vor Auf- und nach Untergang der Sonne gesehen werden und ist also abwechselnd Morgen- und Abendstern wie Merkur, ja man nennt ihn, dem Beispiele der Alten folgend (die den Merkur wenig kannten), vorzugsweise so. Er kann zuweilen selbst mit blossem Auge am Tage gesehen werden, was von keinem andern Sterne bekannt ist. (Augen von höchst seltener Schärfe ausgenommen), ja von den Astronomen wird er vorzugsweise am Tage beobachtet, da er Nachts zu tief steht und wegen seines lebhaften Glanzes in starken Fernröhren eines Blendglases bedarf. In der obern Conjunction (in der er nur etwa 14 Tage in den Sonnenstrahlen ganz verschwindet) ist er voll erleuchtet, und so wie mit der westlichen Entfernung von der Sonne seine scheinbare Grösse zunimmt, nimmt seine Lichtgestalt ab. Um die Zeit der grössten Elongation ist er gerade halb erleuchtet, er hat aber alsdann noch nicht seinen stärksten Glanz erreicht, denn die Zunahme des scheinbaren Durchmessers ist um diese Zeit so stark, dass sie die Abnahme der Breite des erleuchteten Theiles überwiegt. Erst wenn die Lichtgestalt sich bis zu ¼ vermindert, der Durchmesser aber bis 40″ vermehrt hat, tritt der Moment des stärksten Glanzes ein, von wo an er wieder abnimmt. Um die Zeit der untern Conjunction ist die Sichtbarkeit aus einem zwiefachen Grunde unterbrochen, wegen Nähe der Sonne und wegen der zu geringen Breite des erleuchteten Theiles; nur bei Durchgängen wird er auf der Sonnenscheibe, wie Merkur, als schwarzer Kreis sichtbar.

Die Masse der Venus ist um ein Geringes (etwa $^{1}/_{23}$ kleiner als die der Erde, da nun auch die Durchmesser beider Körper so nahe übereinstimmen, so folgt, dass auch die Dichtigkeiten, Fallhöhen, Pendellängen, Gewichte der einzelnen Körper u. dgl. für beide nahe dieselben sind.

§. 90.

Die grosse Lebhaftigkeit des Glanzes der Venus macht physische Beobachtungen ihrer Oberfläche sehr schwierig. Ueberhaupt kann man sie mit so starken Vergrösserungen, als man z. B. bei den oberen Planeten noch anwendet, nicht mehr mit Vortheil beobachten. Dies wäre nun zwar bei ihrem bedeutenden scheinbaren Durchmesser kein so grosser Nachtheil: dennoch wissen wir von ihrer Oberfläche weit weniger als von der des entfernten Jupiter. An fleissigen Beobachtern hat es nicht gefehlt, doch nur wenige von ihnen haben Flecke gesehen, und diese versichern, dass sie äusserst selten und dann nur höchst matt und unbestimmt, gleich einem leisen Hauche, erscheinen. Der ältere *Cassini* glaubte durch diese Beobachtungen eine Rotation der Venus zu finden und bestimmte ihre Periode zu 23^h $15'$, wogegen *Bianchini* in Rom später Beobachtungen machte, die ihm 24 Tage 8 Stunden gaben. So sonderbar es nun auch klingen mag, der fast 150jährige Streit zwischen beiden schlechterdings unvereinbaren Resultaten ist erst in den letzten Jahren entschieden worden. Fast alle späteren Beobachter, die nämlich überhaupt dahin gelangten, Etwas in dieser Beziehung wahrzunehmen, sprachen sich zu Gunsten des Cassinischen Resultats aus: am bestimmtesten *Schröter* in seinen aphroditographischen Fragmenten; *Herschel* der ältere konnte nie hinreichend bestimmte Flecke wahrnehmen, die Beobachtungen der geschehenen machte ihm aber *Bianchini's* Resultat höchst unwahrscheinlich. Da es nun so äusserst schwer hielt, durch Flecke zu Etwas zu gelangen, so versuchte *Schröter* durch die veränderliche Gestalt der Hörner, besonders des südlichen, zu einem Ergebniss zu kommen; dies gab ihm 23^h $21'$ also fast ganz das Cassinische Resultat. Leider waren *Schröter's* Hülfsmittel eben so wenig als seine Berechnungsmethoden von der Art, dass sie vor einer strengen Kritik bestehen können. Ich machte im Sommer 1836 eine Reihe von Beobachtungen der Venus, bei denen ich nie eine Spur von Flecken, wohl aber öfters diese Veränderlichkeit der Horngestalt wahrnahm. Wiewohl nun bei so delikaten Beobachtungen leicht eine Täuschung mit unterläuft, so kann ich doch nicht glauben, dass sämmtliche wahrgenommene Veränderungen

Täuschung waren, was aber schlechterdings der Fall sein müsste, wenn *Bianchini,s* Resultat gültig wäre, denn mit diesem sind meine Beobachtungen unverträglich, vielmehr führen sie, wenn man überhaupt aus ihnen etwas Positives schliessen kann, auf ein dem Cassinischen ähnliches Resultat.

Indess hat sich *Flaugergues* in Viviers, doch ohne das Detail der Beobachtungen mitzutheilen, wiederum zu Gunsten *Bianchini's* ausgesprochen; seine Beobachtungen führen ihn auf eine Umdrehungszeit von etwa 24 Tagen und eine Neigung des Venusäquators gegen seine Bahn von 73 Graden.

Es ist zu bedauern, dass *Cassini* das Detail seiner schon vor 180 Jahren in Italien gemachten Beobachtungen (in Paris hat er niemals wieder Flecke sehen können) nicht mitgetheilt hat, und dass *Bianchini's* Periode sich hauptsächlich nur auf Wahrnehmungen eines Abends gründet. Ohne irgend einen der genannten Astronomen einer Nachlässigkeit oder gar eines Falsums zu beschuldigen, glaube ich, dass man *Bianchini's* und *Flaugergues* Beobachtungen sehr wahrscheinlich erklären könne, ohne eine so sonderbar abweichende Rotationsperiode und Axenstellung anzunehmen.

Beide Astronomen sahen matte Flecke längs der Lichtgrenze fortrücken, während alle übrigen Theile der Scheibe sich in gleichförmig hellem Glanze zeigten, und beide schliessen hieraus auf einen der Lichtgrenze nahe parallelen Aequator. Zu beiden Unwahrscheinlichkeiten gesellt sich also hier noch eine dritte, dass gerade nur in der Gegend der jedesmaligen Lichtgrenze Flecken gestanden und sich bewegt haben sollten, in einer Richtung, die von der Erde aus betrachtet fast als Süd-Nord bezeichnet werden müsste*). Allein ist es wohl an sich wahrscheinlich, dass so überaus matte Hauche constante Oberflächentheile gewesen seien? Mir scheint es, man habe leichte atmosphärische Trübungen, die sich in der Auf- und Untergangszone bilden mögen, beobachtet. In den Gegenden, wo hohe Sonnenbeleuchtung stattfindet, sind sie entweder gar nicht vorhanden, oder der blendende Glanz entzieht sie unsern Augen; und nur an der Lichtgrenze, wo ein matteres, uns besser zusagendes Licht herrscht, kommen sie uns zu

*) In *Bianchini's* Zeichnungen kommt allerdings auch ein Fleck vor, der näher nach dem vollen Rande hin steht, allein die Veränderungen desselben entfernen sich beträchtlich von denen, die eine Periode von $24^1/_3$ Tagen hervorbringen würden. Sie lassen vielmehr auf eine Periode von 14 bis 16 Tagen, oder auf mehrere von kürzerer Dauer, schliessen.

Gesicht. Die beobachtete grosse Periode dürfte daher wohl eher in Beziehung zu den Jahres- als den Tageszeiten gesetzt werden müssen. Wahrscheinlich finden diese Trübungen nur in gewissen Jahrgängen der Venus in hinreichenderem Maasse statt, um noch von uns gesehen zu werden, daher denn z. B. *Lamont*, als Venus im Sommer 1836 sehr günstig stand, selbst mit dem Münchener Riesenfernrohr, das seinen Leistungen nach zu den trefflichsten Instrumenten ersten Ranges gehört, sich ohne allen Erfolg bemühte, Venusflecke zu sehen. Es ist aber durchaus unwahrscheinlich, dass Oberflächentheile, wenn sie sich in den unvollkommenen Campanischen Fernröhren zeigten, für ein weit vorzüglicheres gänzlich verschwinden sollten.

Es möge hier noch bemerkt werden, dass der erleuchtete Theil der Venus sich wie der des Merkur etwas kleiner zeigt, als die Rechnung für eine mathematische Kugel und geradlinige Lichtstrahlen ergiebt. Wir dürfen also auf eine Atmosphäre und auch wohl auf gebirgige Unebenheiten schliessen; die letzteren werden überdies durch das von einigen Beobachtern wahrgenommene fein gezähnte Ansehen der Lichtgrenze (ein schwaches Nachbild der Mondgestalt) wahrscheinlich.

Mit den erwähnten Beobachtungen der Horngestalt verhält es sich folgendermaassen. Ist Venus Oberfläche, gleich denen der Erde und des Mondes, gebirgig, so werden sich diese Ungleichheiten nicht durch ihre einzelnen Schatten (die gewiss viel zu klein sind, um uns noch zu erscheinen), sondern nur durch Abweichungen von der rein elliptischen Gestalt der Lichtgrenze, hauptsächlich an der Hornspitze, zeigen: und sind sie nicht ungleich grösser als die der Erde, so lässt sich behaupten, dass sie sich nur durch die Gestalt dieser Hornspitze mit einiger Sicherheit werden wahrnehmen lassen. Je nachdem ein Gebirge oder ein tiefes Thal diese äusserste Gegend einnimmt, werden wir das vortretende Horn bald spitzer und weit übergreifend, bald kürzer und abgerundeter erblicken; ja es kann selbst ein hoher Berg in der Nachtseite noch als isolirter Punkt leuchten (wie dies wiederholt von *Schröter* und einmal von *Herschel* gesehen worden ist). Abgesehen von den Aenderungen in der Stellung der Venus gegen Erde und Sonne, wird nun die Wiederkehr einer solchen abweichenden Horngestalt auf die Rotationsperiode schliessen lassen, vorausgesetzt, dass sie hinreichend genau beobachtet werden kann. Da man beide Venushörner gleichzeitig im Felde hat, so wird eine Vergleichung zwischen beiden entscheiden lassen, ob die wahrge-

nommene Veränderung eine wirkliche sei oder im Zustande unserer Atmosphäre liege, denn in letzterm Falle müssen beide Hörner stets dieselbe Anomalie zeigen, in ersterem wäre dies nur ein besonderer Zufall.

Bei den erwähnten Beobachtungen im Sommer 1836 gelang es mir nun nicht, eine Periode mit hinreichender Sicherheit abzuleiten, allein ich bemerkte mehrmals nach Ablauf einer Cassinischen Periode dieselbe Horngestalt wieder. Besonders aber spricht die verhältnissmässig rasche Aenderung dieser Gestalten (ich sah sie zuweilen nach 10—15 Minuten schon bestimmt verändert) gegen eine Periode von 584 Stunden.

Endlich haben in den Jahren 1840—42 *de Vico* und seine Collegen auf der Sternwarte zu Rom eine grosse Anzahl von Beobachtungen der Venusflecke angestellt und finden als Endresultat für die Rotation

$$23^h\ 21'\ 21'',93$$

wodurch also *Cassini's* Resultat im Allgemeinen bestätigt und *Bianchini's* für immer beseitigt wird.

§. 91.

Schröter hat sogar den Versuch gemacht, aus den Abweichungen der Horngestalt und den zuweilen wahrgenommenen abgetrennten Punkten die Höhe der Venusberge zu bestimmen, und findet sie bis 5 deutsche Meilen hoch. Resultaten dieser Art muss man billig misstrauen. Gelingt es uns jemals, über diese Höhen zu einiger Wahrscheinlichkeit zu gelangen, so könnte dies nur durch die allervollkommensten Messapparate, die *Schröter* noch gar nicht kannte, geschehen; und auch dann nur unter Voraussetzung genau bestimmter Rotationselemente.

Nach den von mir im Mai 1849 bei der Conjunction der Venus angestellten Beobachtungen über die Erstreckung der Sichelspitzen beträgt die Strahlenbrechung in der Venusatmosphäre für den Horizont 43',7. Da sie nun für die Erde 36' beträgt, so folgt, dass die Atmosphäre der Venus um den fünften Theil dichter sei, als die unsrige.

Es muss hier noch einer besonderen räthselhaften Erscheinung gedacht werden, die man bei Venus wahrgenommen hat. Einige Beobachter (namentlich *Chr. Mayer* und *Harding*) haben den dunklen Theil der Venus in einem aschfarbenen Lichte gesehen, ähnlich wie der vom Erdenlichte beschienene

Mond in der Nachtseite zeigt. Beide Beobachter sahen das Phänomen nur wenige Abende, und ausserdem nie; fügen aber hinzu, dass die Erscheinung höchst unzweifelhaft und deutlich gewesen sei. Venus kann aber von keinem Monde erleuchtet werden, und dass das Licht der Erde oder des Merkur für sie stark genug sein sollte, um in so grosser Ferne eine Erleuchtung zu bewirken, deren Widerschein uns noch sichtbar wäre, kann man nicht annehmen, auch vertrüge sich damit nicht die Seltenheit des Phänomens. Zwischen *Mayer's* und *Harding's* Wahrnehmung liegen 46 Jahre, und weder in der Zwischenzeit noch auch vor- oder nachher ist eine Beobachtung desselben bekannt geworden. Es scheint also eine der Venus eigenthümliche, doch nur unter seltenen Umständen merkbar hervortretende Lichtentwickelung auf der Oberfläche des Planeten zu sein.

Der Venusmond hingegen, den *Mairan*, *Montaigne*, *Short* u. A. zuweilen gesehen haben und von dem nun seit fast hundert Jahren nichts verlautet, ist höchst wahrscheinlich nichts als eine Seitenabspiegelung der Venus in den noch unvollkommen construirten Ferngläsern früherer Zeiten, wie dies bereits *Hell* sehr wahrscheinlich gemacht hat. Mehrmals sieht man, auch in achromatischen Ferngläsern, solche matte Nebenbilder des Mondes, des Jupiter und anderer starkglänzender Himmelskörper im Felde des Fernrohrs, überzeugt sich aber durch Ocularverschiebung bald, dass man nichts als ein bloss optisches Phänomen vor Augen habe. Zwar lässt sich im Allgemeinen die Möglichkeit nicht bestreiten, dass es Körper gebe, die nur unter ganz besonderen, selten sich ereignenden Umständen das Licht zurückwerfen, und uns in der Regel also unsichtbar sind: allein auch dies zugegeben, wie kommt es, dass man nie den Venusmond vor der Scheibe des Planeten, oder seinen Schatten auf derselben, wahrgenommen hat? Zumal ein Venusmond seinem Hauptplaneten sehr nahe stehen und eine viel raschere Umlaufszeit haben müsste, als der Erdenmond.

§. 92.

Um die Zeit der untern Conjunction wird Venus rückläufig. Sie durchläuft dabei einen Bogen von 15° 55′ 30″ und die Dauer der retrograden Bewegung ist 42 Tage. — Da beide hier concurrirenden Bahnen, die der Erde und des Planeten, nahezu kreisförmig sind, so kann der Bogen nur höchstens 33′ 40″ grösser oder kleiner, und die Dauer der Rückläufigkeit 1 Tag mehr oder weniger werden.

In diesen untern Conjunctionen, die 584 Tage oder sehr nahe 1³/₄ Jahr auseinander liegen, kann Venus wie Merkur, jedoch viel seltener als dieser vor der Sonnenscheibe vorübergehen. Sie hat dann gegen eine Minute im scheinbaren Durchmesser und kann von sehr scharfen Augen allenfalls ohne Bewaffnung als schwarzes Pünktchen wahrgenommen werden*). Im Fernrohr zeigt es sich rund, scharf begrenzt und völlig schwarz. — Am 4. December 1639 erfolgte der erste Venusdurchgang seit Erfindung der Ferngläser, und dieser wurde nur von zweien eifrigen aber unbemittelten Liebhabern der Astronomie, *Horrox* und *Crabtree*, in England beobachtet. Auf die beiden folgenden Durchgänge am 9. Juni 1761 und 2. Juni 1769 bereitete man sich besser vor: *Halley* hatte darauf aufmerksam gemacht, dass diese Durchgänge das sicherste Mittel gewähren könnten, die Parallaxe der Sonne und folglich ihre wahre Entfernung von der Erde zu bestimmen, wozu sie auch erfolgreich benutzt wurden. Die nächsten 6 Durchgänge ereignen sich:

1874 Decbr. 8.
1882 Decbr. 6.
2004 Juni 7.
2012 Juni 5.
2117 Decbr. 10.
2125 Decbr. 8.

Die Erscheinung ereignet sich in jedem Jahrtausend 16 mal, und ist folglich 8 mal seltener als Merkursdurchgänge.

Um sich im Allgemeinen eine Vorstellung von der Art zu machen, wie Venusdurchgänge zur Bestimmung der Sonnenparallaxe dienen können, muss die Bemerkung vorausgeschickt werden, dass diese Parallaxe äusserst klein ist, und dass alle früher versuchten Methoden entweder zu gar keinem, oder zu einem sehr unzuverlässigen Resultate geführt hatten, während sie gleichwohl alle theoretisch richtig waren. Dass sie unmittelbar, durch Beobachtungen der Sonnenhöhe an verschiedenen Erdorten, nicht gefunden werden könne, zeigte sich bald. Man versuchte demnach mittelbare Methoden. Die Grösse des Erdschattens bei Mondfinsternissen richtet sich unter andern auch nach der Grösse der Sonnenparallaxe; allein abgesehen davon, dass man nur einen kleinen Theil des Schattens sieht,

---

*) Gleichwohl ist vor *Copernicus* weder an die Möglichkeit dieses Phänomens gedacht, noch irgendwo etwas darauf Bezügliches wahrgenommen worden.

ist auch sein Rand zu uneben und verwaschen, um genaue Messungen zu gestatten. Der Abstand des Mondes von der Sonne zur Zeit, wo er genau halb erleuchtet erscheint, könnte scheinbar dazu führen, denn alsdann ist im rechtwinklichten Dreieck: Erde Mond Sonne, der spitze Winkel an der Erde durch Beobachtungen bekannt, und folglich der andere spitze Winkel (an der Sonne) leicht zu finden. Allein die Schwierigkeit liegt darin, dass der Zeitmoment selbst, wo der Mond genau halb erleuchtet erscheint, sich nicht scharf bestimmen lässt. Die stark ausgezackte Gestalt des Mondes längs der Lichtgrenze macht diesen Moment, wenn er durch Beobachtungen gefunden werden soll, um mehr als eine Viertelstunde unsicher. So fand *Riccioli* durch dieses Mittel die Parallaxe der Sonne $= 30''$, andere nur $= 15''$. — Ein drittes Mittel war, die Parallaxe eines der Erde näher kommenden Planeten zu suchen, die alsdann nothwendig grösser als die Sonnenparallaxe sein musste, folglich leichter zu finden war, und aus der man, da die verhältnissmässigen Entfernungen durch *Kepler's* Gesetz bekannt waren, leicht die Parallaxe der Sonne und aller übrigen Planeten berechnen konnte. Dies schlug nicht gänzlich fehl. Man wählte Venus in ihrer untern Conjunction, die man mit der Sonne, und Mars, den man mit Fixsternen verglich (über letztern siehe nachher). Allein Venus ist in dieser Lage äusserst schwer wahrzunehmen, und so erhielt man auch hierdurch keine sicheren Data. *Bianchini* folgerte aus solchen Beoabachtungen eine Sonnenparallaxe von 14',. Unter diesen Umständen machte *Halley* den obigen Vorschlag.

(Fig. 42.) Man denke sich die Sonne in S ruhend, in V die Venus, welche in der Richtung, wie der Pfeil sie zeigt, ihre Bahn beschreibt, und in T die Erde. Diese bewegt sich zwar gleichfalls, jedoch langsamer als Venus, und so möge die Venusbahn $v'''v$ nur den Ueberschuss ihrer Bewegung über die der Erde (ihre relative Bewegung) vorstellen. In N sei der Nordpol der Erde und es mögen zwei Orte a und b gedacht werden, deren einer sich während des Durchgangs der Venus von a nach a', der andere von b nach b' in Folge der Rotation bewegt.

Der Ort a sieht Venus in die Sonnenscheibe eintreten, wenn sie sich auf der Linie aN, folglich in V'' befindet, wogegen der Ort b den Eintritt sehen wird, wenn Venus in V''' auf der Linie bN steht, mithin sieht letzterer Ort den Eintritt früher. Gegen Ende des Phänomens ist a nach a' gerückt und sieht den Austritt, wenn Venus auf der $a'A$ in V' steht, wogegen b, nach b' gerückt, den Austritt auf der Linie $b'A$, also in V erblickt, mithin später, als der Punkt a'.

Die Dauer des Phänomens muss also aus beiden Gründen für den Punkt *a* eine kürzere sein als für den Punkt *b*, und bei dem langsamen Fortrücken der Venus auf der Sonnenscheibe (das ganze Phänomen währt gegen 7 Stunden) muss selbst eine sehr kleine Verschiedenheit der Richtungslinien (denn dass nur auf eine solche zu rechnen sei, wusste man) doch eine merkliche Differenz in der Zeit bewirken. In der That war der Unterschied der Dauer bei den beiden am günstigsten gelegenen Beobachtungsörtern während des letzten Durchganges 22½ Minute Zeit. — Aus diesen Unterschieden kann man nun rückwärts auf den Unterschied der Richtungslinien, also auf die Parallaxe in Beziehung auf die Oerter *a* und *b* schliessen, und da deren Lage auf der Erde selbst bekannt ist, auch auf die eigentlich sogenannte, sich auf den Halbmesser beziehende Parallaxe.

Die Methode giebt, genau gesprochen, weder die Sonnen- noch die Venusparallaxe selbst, sondern den Unterschied beider, allein da die relativen Entfernungen bekannt sind, so wird man auch die Sonnenparallaxe finden können, sobald jener Unterschied gefunden ist.

Da Alles darauf ankam, möglichst weit entlegene Punkte der Erde zu Beobachtungsstationen zu wählen, so begnügte man sich nicht mit den vorhandenen Sternwarten, die damals fast nur in Mitteleuropa zu finden waren. Vielmehr scheuten Könige keine Kosten und die Astronomen keine Beschwerden, um keinen wichtigen Punkt unbenutzt zu lassen, denn eine Versäumniss hierin wäre für Jahrhunderte unersetzlich gewesen. Im tiefen Sibirien, an der Hudsonsbai, in Californien, auf Otaheiti, am europäischen Nordcap und vielen andern Orten ward beobachtet. 1761 gelangen an vielen Orten die Beobachtungen gar nicht und andern nur dürftig; 1769 hingegen war man glücklicher. *Encke* hat die damaligen Beobachtungen einer neuen und völlig scharfen Rechnung unterworfen und findet die Parallaxe der Sonne 8″,5774 mit einer Unsicherheit von ∓ 0″,037; eine spätere Verbesserung eines der Data (durch Wiederauffindung des Originaltagebuches *Hell's*, der auf Wardoehuss beobachtete) setzte sie auf 8″,57116, und mit dieser letztern Zahl sind die numerischen Angaben in diesem Werke berechnet.

Die nächsten Durchgänge 1874 und 1882 geben wenig Hoffnung, die Parallaxe schärfer zu erhalten: man müsste Orte in der Nähe des Südpols und auf sehr verschiedenen Meridianen wählen, was grosse Schwierigkeiten haben dürfte.

Venus ist derjenige Planet, der in den meisten Beziehungen der Erde ähnlicher ist als irgend ein anderer. Sein Jahr, sein Tag, seine Gestalt, Grösse und Masse und alles davon abhängende sind wenig von den unsrigen verschieden; auch die Stärke des Sonnenlichts kommt dem auf der Erde am nächsten. Absichtlich habe ich bei ihm länger verweilt, obgleich wir von manchem andern verhältnissmässig mehr als von ihm wissen, denn er gab uns mehrfache Gelegenheit, die Art und Weise kennen zu lernen, wie man durch Beobachtung zu astronomischen Bestimmungen gelange, und wie höchst nöthig dem Astronomen Vorsicht und Behutsamkeit sind. Hätten alle diejenigen, welche über die Beschaffenheit der Himmelskörper geschrieben haben, selbst Beobachtungen angestellt und Berechnungen durchgeführt, so würden wir weit seltener dreisten Behauptungen begegnen und von vielen Dingen scheinbar weniger wissen, aber dies Wenige würde den Charakter der Zuverlässigkeit tragen und bleibenden wissenschaftlichen Werth haben.

Die Zweifel, welche sich in neuern Zeiten gegen das obige Resultat für die Sonnenparallaxe erhoben haben, so wie die neueste Bestimmung derselben, werden weiterhin bei Mars Erwähnung finden.

Die Erde.

§. 93.

Wir haben ihr, unserem eigenen Wohnorte, bereits oben §. 11—30., zwei besondere Abschnitte gewidmet: und die specielle Beschreibung seiner Oberfläche gehört nicht der Astronomie an. Es sind also hier nur diejenigen Beziehungen zu erwähnen, welche in jenen Abschnitten noch nicht behandelt werden konnten und gleichwohl in einer Himmelskunde nicht fehlen dürfen.

Ihrer Entfernung von der Sonne ist bereits oben Erwähnung geschehen: sie beträgt, in Erddurchmessern ausgedrückt, im Mittel 11467.

Die (unveränderliche und nur in Folge der partiellen Störungen vom Mittel abweichende) siderische Umlaufszeit der Erde um die Sonne beträgt 365 T. 6^h 9′ 10″,7496; die tropische Umlaufszeit ist dagegen nicht ganz unveränderlich, denn die Präcession, welche den Unterschied beider bewirkt,

hat eine Ungleichheit, welche auf 38 Zeit-Sekunden steigen kann. Gegenwärtig (1866) beträgt sie 365 T. 5^h 48′ 47″,5711. Sie wird in einem Jahrhundert um 0″,595 kürzer. Dieses ist das sogenannte Sonnenjahr, oder die Zeit, welche die Wiederkehr der Jahreszeiten bestimmt.

Die tägliche Bewegung der Erde ist im Mittel 59′ 8″,3; sie steigt im Perihel auf 61′ 10″,1 und sinkt im Aphel auf 57′ 11″,7; linear gemessen ist sie im Mittel 320797 Meilen.

Die Länge des Perihels der Erdbahn ist 100° 11′ 27″,3; es rückt jährlich tropisch um 61″,47 fort. Es fällt jetzt fast genau mit dem Anfang des Jahrs zusammen, so wie das Aphelium mit dem 2. Juli. Binnen 58 Jahren rückt es um einen Tag vorwärts, und in etwa 21000 Jahren ist es wieder zu demselben Datum gelangt.

Die Excentricität der Erdbahn ist jetzt 0,01677506 und ihre Verminderung in einem Jahrhundert ist 0,00004299; hieraus folgt die grösste Mittelpunktsgleichung = 1° 55′ 20″,5 und ihre Abnahme in einem Jahrhundert = 17″,7.

Die Neigung des Aequators der Erde gegen die Bahn derselben beträgt 23° 27′ 35″,8; sie ist in einer Abnahme begriffen, die jährlich 0″,4758 beträgt; sie wird nach Jahrtausenden bis 21° abnehmen und dann langsam wieder zunehmen. Die Grenzen, innerhalb deren sie schwankt, sind etwa 6 Grad von einander entfernt.

Da die Bahn der Erde als Grundebene angenommen wird, so fallen die Begriffe Neigung und Knoten für diese weg.

Der Punkt, wo der Erdäquator die Ekliptik schneidet, und zwar der aufsteigende Knoten der letzteren Ebene auf der ersteren, ist stets Null, denn von ihm aus zählt man die Längen wie die Rectascensionen. Er weicht jährlich um 50″,233 nach Westen zurück. Dieses Zurückweichen ist nicht ganz gleichförmig: eine der Ungleichheiten rührt von der Sonne her, ihre Periode ist ein halbes Jahr und sie beträgt 1″,34; eine andere vom Monde, ihre Periode ist die Knotenperiode des Mondes (18⅔ Jahr) und sie beträgt 16″,78. Man bezeichnet diese Ungleichheiten mit dem Namen Nutation der Sonne und des Mondes. Andere Ungleichheiten rühren von der Anziehung der Planeten her: sie sind kleiner, haben aber weit längere Perioden und wachsen dadurch bedeutend an.

Dieselben Ursachen bewirken auch eine Schwankung in

der Schiefe der Ekliptik. Der Mond bewirkt im Maximo 8'',98, die Sonne 0'',58 Abweichung von der mittleren Schiefe.

Der Unterschied zwischen Sterntagen, wahren und mittleren Sonnentagen ist oben §. 41 — 42. bereits berührt, es kommt also hier nur auf die genaueren numerischen Vergleichungen an.

Der Sterntag hat 23^h 56' 4'',091 mittlere Zeit (die wahre Rotationsperiode);

der mittlere Sonnentag 24;

der wahre Sonnentag { 24 0 30,0 im Maximo zu Ende Decbr.;
23 59 39,0 im Minimo Mitte September.

Mittlere und wahre Zeit fallen viermal im Jahre zusammen; April 14., Juni 14., Aug. 31., Decbr. 23.; die Maxima und Minima der Zeitgleichung sind:

—	14'	34''	in der Mitte Februars
+	3	55	in der Mitte des Mai,
—	6	9	gegen Ende Juli,
+	16	16	im Anfange Novembers.

Das + deutet an, dass die wahre Zeit vor der mittleren voraus sei.

Die ungleiche Länge der Jahreszeiten rührt vom elliptischen Laufe der Erde her. Astronomisch genommen werden nämlich Anfang des Frühlings und Herbstes durch die Nachtgleichen, Anfang des Sommers und Winters aber durch die Solstitien bestimmt. Bei einer gleichen Winkelbewegung würden diese vier Zeitabschnitte einander gleich sein, auch die Schiefe der Ekliptik würde keine Differenzen veranlassen, da die Reduction einer Ebene (der Ekliptik) auf die andere (hier den Aequator) in den vier oben bezeichneten Punkten gleich Null ist. Träfe — wie es jetzt noch beinahe der Fall ist und im Jahre 1284 ganz genau statt fand — das Perihelium mit dem Solstitium zusammen, so wären Herbst und Winter gleich lang (jeder 89½ Tag), eben so Frühling und Sommer (jeder 93⅛ Tag). Fiele das Perihel auf ein Aequinoctium, so hätten Winter und Frühling gleiche Länge, und eben so Sommer und Herbst. Gegenwärtig ist der Winter der Nordhalbkugel

	89	T.	1	St.
der Frühling	92	„	22	„
der Sommer	93	„	14	„
der Herbst	89	„	17	„

§. 94.

Das feste Land der Erde beträgt etwa 0.28, das Wasser 0,72 der Gesammtoberfläche, die Quantität der letztern ist sehr schwierig zu bestimmen, da wir über die Tiefe der Meere noch wenig wissen. Der feste, starr gewordene Erdkörper behält die Form, welche er einmal angenommen hat; der Wasserkörper hingegen kann, wenn eine äussere Veranlassung dazu gegeben ist, seine Form verändern. Eine solche Veranlassung liegt in der ungleichen Anziehung, welche die beiden Halbkugeln der Erde von Sonne und Mond erfahren. Die den genannten Körpern zugewendeten Seiten sind ihnen nämlich näher als die abgewendeten und erfahren eine stärkere Anziehung als diese. Während der feste Erdkörper also der mittleren Anziehung folgen und hiernach seine Bewegung beschreiben muss, wird der Wasserkörper, dieser verschiedenen Anziehung gemäss, auch seine Form ändern können. Es erzeugt sich senkrecht unter dem anziehenden Körper eine Erhebung des Wassers (Fluthwelle), nicht durch Emporsteigen (wie man es sich häufig irrig vorgestellt und daraus vermeintliche Einwürfe gegen diese Erklärung hergenommen hatte), sondern durch Herbeiströmen von allen Seiten. Aber eine ähnliche Fluthwelle muss sich auf der entgegengesetzten Seite bilden, denn da dort die Anziehung geringer ist, so muss das Wasser sich ebenfalls weiter vom Mittelpunkte entfernen. Beide nahe gleichgrossen Fluthwellen rücken nun vom Orte ihres ersten Entstehens (dem grossen Ocean) aus von Osten nach Westen fort, werden aber durch die vorspringenden Landmassen abgelenkt und genöthigt, um diese herum zu fliessen*). So entstehen Partialwellen, die in die einzelnen Meerbusen, Meeresarme und Strommündungen eindringen und hier eine Erhebung des Wassers bewirken, die nach Umständen sehr beträchtlich sein kann. Man nennt dieses Herandringen Fluth und das Wiederabfliessen des Wassers Ebbe (ein gemeinschaftlicher Name für aestus, marée, tide fehlt uns).

Nur zwei Himmelskörper, Sonne und Mond (ersterer seiner Grösse, letzterer seiner Nähe wegen) üben eine be-

*) Nicht als ob der Wasserkörper, oder nur ein Theil desselben, innerhalb 24 Stunden eine Reise um die Erde mache. Es ist im Gegentheil eine sich fortpflanzende Bewegung vieler Theilchen, ähnlich wie bei den gewöhnlichen Wellen, den Schallwellen der Luft und den Lichtstrahlen (Lichtwellen) des Aethers.

merkbare Wirkung dieser Art aus. Da sie ihrer Natur nach in die Klasse der Störungen gehört, die sich umgekehrt wie der Cubus der Distanz und direkt wie die störende Masse verhalten (§. 74.), so übt der 400mal nähere Mond eine stärkere Wirkung aus als die 355499 × 81,0mal grössere Sonne. Beide Fluthwellen fallen zusammen, wenn die drei Körper Erde, Mond und Sonne eine gerade Linie bilden, was genau genommen nur bei Finsternissen möglich ist, näherungsweise aber in jedem Voll- und Neumonde geschieht. Sie summiren sich alsdann, und wenn M die vom Monde, S die von der Sonne bewirkte Fluth ist, so wird ihre Höhe alsdann $= (M + S)$. Zur Zeit der Quadraturen fällt die Mondfluth dahin, wo die Sonne ihre Ebbe bewirkt, die Fluth erreicht also nur die Höhe $(M - S)$. Da nun beide Grössen durch Beobachtungen erforscht, mithin M und S, also auch ihr Verhältniss $M : S$ bestimmt werden können, so hat *Laplace* hieraus rückwärts die Masse des Mondes zu bestimmen versucht. Allein er selbst sagt, dass er dies Resultat für weniger sicher als das aus den Nutationsbeobachtungen abgeleitete halte, da zu viele verschiedene physische Ursachen sich vereinigen, um die Aufgabe zu einer höchst verwickelten zu machen.

Aus der Stellung des Mondes und der Sonne gegen die Erde, verbunden mit der sogenannten Hafenzeit (der Verspätung der Fluth in Bezug auf den Meridiandurchgang des Mondes) lässt sich die Zeit des Eintritts der Fluth und Ebbe, für jeden Ort insbesondere, vorausbestimmen, so wie näherungsweise auch die Höhe der Fluth. Letztere ist im Allgemeinen zur Zeit der Nachtgleichen am grössten, sowie grösser in der Erdnähe des Mondes als in der Erdferne; am grössten, wenn die Erdnähe mit den Nachtgleichen und einer Finsterniss des Mondes oder der Sonne zusammenfällt. Wirkten nicht Winde und andere Strömungen des Meeres mit, so würde auch die Höhe der Fluth sich genau vorausberechnen lassen.

Der Erdmond.

§. 95.

Dieser beständige Begleiter der Erde giebt ihr eine eigenthümliche Stellung im Planetensystem: umgeben von nahe gleichgrossen, gleichdichten, ja in den meisten physischen

Beziehungen sich sehr ähnlich verhaltenden aber mondlosen Weltkörpern — Merkur, Venus und Mars — tritt sie dennoch aus der Reihe der isolirten einfachen Planeten heraus und in die gleiche Kategorie mit den grössern und entferntern. Wir können Erde und Mond als einen Doppelplaneten — analog den Doppelsternen — ansehen, denn auch die Differenz der Massen und Durchmesser beider Weltkörper ist weit geringer, als wir sie bei Körpern verschiedener Ordnung im Sonnensystem anzutreffen gewohnt sind. Der gemeinschaftliche Schwerpunkt beider liegt 81mal weiter vom Mond- als vom Erdmittelpunkt, und fällt hiernach noch in den Erdkörper selbst, jedoch ihrer Oberfläche näher als ihrer Mitte; während in den Systemen des Jupiter, Saturn und Uranus diese Schwerpunkte mit den Mittelpunkten so nahe zusammenfallen, dass wir auch bei den schärfsten Bestimmungen diese Differenz ganz vernachlässigen können.

Bei der Betrachtung der Bahn des Mondes um die Erde müsste eigentlich der erwähnte Schwerpunkt als Centrum betrachtet werden. Dieser läuft nämlich in einer Ellipse um die Sonne, und sowohl die Erde als der Mond laufen um ihn: wie es in allen ähnlichen Fällen stattfindet, und nach dem Newtonschen Gesetze stattfinden muss. Allein beide Bahnen sind einander in allen Beziehungen durchaus ähnlich, haben dieselben Perioden, sowohl was den mittleren Umlauf selbst, als auch die Ungleichheiten und Veränderungen betrifft; der Schwerpunkt liegt stets in gerader Linie zwischen den Mittelpunkten beider Körper und das Verhältniss seines Abstandes von diesen Punkten ist ein durchaus constantes. Daraus folgt, dass man sich erlauben darf, die Erde als ruhend in Beziehung auf den Mond zu betrachten und auf letzteren beide Bewegungen zu übertragen, und dies wird auch im Folgenden durchweg geschehen.

Die Bahn des Mondes im Sonnensysteme ist gleichfalls von der der Erde zu unterscheiden. Indem nämlich die Erde während der Zeit, dass der Mond um sie läuft, selbst in ihrer Bahn um die Sonne fortrückt, hat der Mond in Bezug auf die Sonne keinen Kreis, sondern eine Cycloide (Radlinie) beschrieben. Die Form dieser Radlinie hängt von dem Verhältniss der beiderseitigen Geschwindigkeiten ab. Wäre die (lineär gemessene) Fortrückung des Mondes in Beziehung auf die Erde grösser, als die der Erde in Beziehung auf die Sonne, so würden wir eine Cycloide mit Durchschlingungen erhalten.

(Fig. 43.) Allein die Erde rückt durchschnittlich in jeder

Minute 241 Meilen, der Mond nur etwa 8 Meilen fort. Es folgt hieraus, dass er in Beziehung auf die Sonne nie retrograd werden kann. (Bei den Jupiters- und Saturnsmonden ist dies allerdings in den untern Conjunctionen der Fall.) Die Cycloide des Erdmondes erhält also die dargestellte Form.

(Fig. 44.) *a*, *a'* *a''* sind die Punkte der untern Conjunction, *b*, *b'*, *b''* die der obern. Dabei bezeichnen die kleinen wechselsweise leeren und vollen Kreise den Ort der Erde in den verschiedenen Punkten ihrer Bahn, die den Hauptpunkten der Mondbahn entsprechen.

Auch dieses Verhältniss wird bei der Bestimmung des Mondortes nicht weiter berücksichtigt. Wir beziehen den Lauf des Mondes auf die Erde, und auf die Sonne nur in sofern, als die Entwickelung der Ungleichheiten (Störungen) der Bahn um die Erde dies nöthig macht, von denen weiter unten die Rede sein wird.

Der Mond läuft also um die Erde und gleichzeitig mit der Erde um die Sonne. Wir wollen im Folgenden die Elemente dieses Laufes zuerst nur äusserlich zur Anschauung bringen und hierauf den ursächlichen Zusammenhang, so weit es ohne Anwendung der Analysis möglich ist, entwickeln.

Der wahre Umlauf des Mondes um die Erde währt 27 T. 7^h 43′ 11″,5, und seine mittlere Entfernung von derselben ist 51803 Meilen. Nach Verlauf dieser Zeit steht der Mond, in Beziehung auf Länge, wieder bei demselben festen Punkte des Himmels (demselben Fixsterne), und er hat also 360° seines Laufes zurückgelegt. Hieraus lässt sich leicht die tägliche, stündliche u. s. w. mittlere Bewegung des Mondes ableiten, so wie die Zeit, welche er gebraucht, um eine gegebene Anzahl von Graden zu durchlaufen. — Diese wahre Umlaufszeit heisst *t*; sie führt auch den Namen der siderischen.

Etwas verschieden hiervon ist (wie bei den Planeten) die Zeit, in welcher der Mond zu dem Punkte 0° der Länge (dem Aequinoctialpunkte) zurückkehrt. Da diese Punkte eine retrograde Bewegung haben, so ist der tropische Umlauf des Mondes etwas kürzer, nämlich 27 T. 7^h 43′ 4″,7. Er möge mit *t'* bezeichnet werden.

Eine viel bedeutendere Verschiedenheit aber findet zwischen der wahren (periodischen) und synodischen Umlaufszeit statt. Die Rückkehr des Mondes zu dem Punkte, wo

er mit Erde und Sonne eine gerade Linie bildet (also zu derselben Conjunction), verzögert sich um mehr als zwei Tage; denn die Erde ist inzwischen etwa um den 13ten Theil ihrer eigenen Bahn fortgerückt und die Richtungslinie von der Erde zur Sonne ist eine ganz andere geworden. Der Mond muss also, nach Vollendung eines periodischen Umlaufs, noch einen beträchtlichen Bogen (von etwa 29 Graden) zurücklegen, um in die solchergestalt veränderte Richtungslinie zu gelangen.

(Fig. 45.) Die Erde stehe in *T*, der Mond in *m*, und die Sonne (400 mal weiter entfernt) nach derselben Richtung hin. der Mond mache einen periodischen Umlauf, während die Erde von *T* nach *T'* rückt, so wird er in *m'* stehen, wenn man *T'm'* mit *Tm* perallel zieht, allein *T'm'* ist jetzt nicht mehr die Richtung zur Sonne. Um diese zu erreichen, muss der Mond (während die Erde bis *T''* fortläuft) in seiner Bahn um die Erde den Bogen *m'm''* zurücklegen, und dies wird sich bei jedem Umlauf wiederholen. Der synodische Umlauf ist also länger als der periodische, und zwar um die Zeit, welche der Bogen *m'm''* erfordert. Der mittlere synodische Umlauf beträgt 29 T. 12^h 44′ 2″,9, und dies bezeichnen wir durch *t''*.

Wenn man die Umlaufszeit der Erde um die Sonne kennt, so lässt sich aus dem beobachteten synodischen Umlaufe der tropische ableiten; und kennt man die Vorrückung der Nachtgleichen, so ergiebt sich auf ganz ähnliche Weise aus dem tropischen Umlaufe der wahre (siderische). So verfuhr man bereits im Alterthume, denn die für alle Lebensverhältnisse wichtigen, ja unentbehrlichen Perioden des Erd- und Mondlaufs waren Gegenstand der allerfrühesten Beobachtungen für alle Völker. An sie knüpfte sich die Zeitrechnung; durch sie allein ward es möglich, Ordnung und Uebereinstimmung in alle Verrichtungen zu bringen, sie waren die Grundlage historischer Ueberlieferungen, und die von ihnen abhängenden astronomischen Momente, besonders die Finsternisse, leiten jetzt den Alterthumsforscher sicherer durch das chronologische Dunkel der Vorzeit, als es Hunderte von hohlen und nichtssagenden Königsnamen jemals vermochten. Die Entwickelung des Menschengeschlechts wäre eine von der jetzigen ganz verschiedene geworden, hätte die Erde keinen Mond erhalten.

§. 96.

Die oben mit *t*, *t'* und *t''* bezeichneten Perioden beziehen

sich sämmtlich nur auf den mittleren Zustand, wie er für die gegenwärtige Zeit stattfindet, da eine Menge von Ursachen dazu beitragen, sie sämmtlich veränderlich und den Mondlauf zu einem äusserst verwickelten zu machen. Die erste dieser Ursachen ist die elliptische Form der Mondbahn, verbunden mit dem Umstande, dass der Ort der Erdnähe (Perigäum) selbst und zwar sehr rasch veränderlich ist, so dass er schon in 8 Jahren 310 T. 13^h 48′ 53″ um den ganzen Himmel herumläuft. Die Bewegung ist eine direkte, also im Sinne der Mondbahn selbst, deshalb braucht der Mond längere Zeit, sein Perigäum wieder zu erreichen, als er gebrauchte, um seinen siderischen Umlauf zu vollenden. Man nennt diese Zeit (t''') den anomalistischen Umlauf und sie beträgt 27 T. 13^h 18′ 37″,4; wir werden weiter unten die Ursach dieser Erscheinung im Allgemeinen kennen lernen.

Die Excentricität der Mondbahn (gleichfalls eine veränderliche) beträgt 0,0548442 der halben grossen Axe oder 2841 Meilen: woraus man, abgesehen von den Störungen, die grösste Entfernung des Mondes von der Erde 54644, die kleinste 48961 Meilen findet. Nach zahlreichen auf der Sternwarte Greenwich angestellten neueren Beobachtungen wäre die mittlere Entfernung des Mondes um 40 Meilen zu vermindern) also 51762 M.), sein scheinbarer Halbmesser um 2″,7 und der wirkliche um nahezu ½ Meile zu vermehren.

Hieraus folgt nach den bekannten Gesetzen eine ungleiche Winkelbewegung des Mondes in seiner Bahn, und man findet seine Mittelpunktsgleichung 6° 17′ 12″,7. Wir werden indess weiterhin sehen, dass der wahre Ort des Mondes vom mittleren sich noch beträchtlich weiter entfernen kann.

Die Neigung der Mondsbahn gegen die Ekliptik beträgt 5° 8′ 49″ und ist gleichfalls veränderlich. Sie kann bis zu 5° 0′ sinken und auf 5° 18′ steigen. Der Durchschnittspunkt dieser Bahn mit der Ekliptik ist einer raschen Veränderung unterworfen; er geht innerhalb 18 Jahren 218 T. 21^h 22′ 46″, und zwar gegen die Ordnung der Zeichen, also retrograd in Beziehung auf die Mond- und Erdbahn, um den Himmel herum. Daraus folgt, dass der Mond nicht volle 360° zu durchlaufen hat, um wieder zum aufsteigenden Knoten zu gelangen, dass also der draconitische Umlauf, wie man diese Periode genannt hat, nur 27 T. 5^h 5′ 36″,0 währt.

Näher betrachtet, ist weder das Vorrücken des Perigäums, noch das Rückwärtsgehen der Knoten constant, beide Bewe-

gungen können vielmehr sowohl retrograd als direkt sein und sind es wirklich während jedes Mondumlaufes. Die angeführten Perioden sind nur mittlere Resultate, welche dadurch entstehen, dass beim Perigäum die direkte, bei den Knoten die retrograde Bewegung überwiegt, wenn man den Lauf im Ganzen betrachtet.

Die vorstehend angeführten Werthe, nämlich

$$\begin{array}{llrrr} t & = 27^t & 7^h & 43' & 11'',5 \\ t' & = 27 & 7 & 43 & 4,\ 7 \\ t'' & = 29 & 12 & 44 & 2,\ 9 \\ t''' & = 27 & 13 & 18 & 37,\ 4 \\ t'''' & = 27 & 5 & 5 & 36,\ 0 \end{array}$$

gelten auch als Mittelwerthe nur für die gegenwärtige Zeit (1848) und sind Veränderungen unterworfen, die aber Perioden von vielen Jahrtausenden umfassen und welche erst eine sehr späte Zukunft nach aller Schärfe bestimmen wird. Diese Veränderungen sind indess so klein, dass sie unmerklich bleiben würden, wenn wir nicht Beobachtungen, die aus dem griechischen und babylonischen Alterthum datiren, mit den unsrigen vergleichen könnten. Seit den frühesten auf uns gelangten Finsterniss-Beobachtungen der Chaldäer hat der Mond gegen 30000 Umläufe vollendet, mithin können Veränderungen, die für jeden einzelnen Umlauf nur Bruchtheile von Sekunden betragen, für den ganzen vorliegenden Zeitraum zu mehreren Stunden anwachsen. Man kannte die hieraus entstehenden Abweichungen schon seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts, aber erst *Laplace* gelang es die Ursache aufzufinden und zugleich die Quantität genau zu ermitteln. Bezeichnet man die Verbesserungen, welche man an die jetzigen Werthe von t, t' . . . . . . anbringen muss, um die vor 2000 Jahren gültigen aus ihnen zu erhalten, mit $\triangle\, t$, $\triangle\, t'$ . . . . . so findet sich:

$$\begin{array}{ll} \triangle\, t & = +\ 0'',56 \\ \triangle\, t' & = +\ 0,\ 56 \\ \triangle\, t'' & = +\ 0,\ 61 \\ \triangle\, t''' & = +\ 0,\ 57 \\ \triangle\, t'''' & = +\ 0,\ 55 \end{array}$$

Die Perioden waren also sämmtlich etwas länger, und hiermit hängt zugleich nothwendig eine grössere Entfernung

des Mondes zusammen, die aber durchaus unmerklich ist, denn die Rechnung ergiebt für jene Zeit nur einen um 180 Fuss grössern Abstand des Mondes als gegenwärtig. Sonach wird also der Mond in den nächsten Jahrtausenden noch etwas rascher als jetzt umlaufen, bis die Periode ihr Ziel erreicht hat.

Die allgemeine Quelle dieser Veränderungen ist die Sonne, die auf Erde und Mond zugleich, aber nicht völlig gleich viel wirkt. Ohne diese Miteinwirkung der Sonne würde der Mond um einige Stunden rascher als jetzt um die Erde laufen und ihr zugleich einige hundert Meilen näher rücken. Es findet sich ferner, dass der Lauf des Mondes langsamer wird, wenn der Mond mit Erde und Sonne in gerader Linie steht, schneller hingegen, wenn er mit ihnen einen rechten Winkel macht. Schon ***Ptolemäus*** bemerkte dies und bezeichnete diese Ungleichheit mit dem Namen Evection. Sie kann den Ort des Mondes, wie er ohnedem stattfinden würde, um mehr als einen Grad verändern. Hätten die Alten den Mond auch in andern Punkten seiner Bahn sorgfältig beobachtet (sie beschränkten sich fast nur auf Voll- und Neumond, d. h. Sonnenfinsternisse), so würden sie noch eine zweite Ungleichheit gefunden haben, deren Entdeckung ***Tycho de Brahe*** gebührt. Sie besteht gleichfalls in einer Verlangsamung und resp. Beschleunigung des Laufes, macht sich aber am merklichsten in den sogenannten Octanten d. h. denjenigen Punkten, die zwischen Vollmond und letztem Viertel, letztem Viertel und Neumond u. s. w. in der Mitte liegen. Sie führt den Namen der Variation, ist indess noch nicht halb so stark als die Evection.

Der Lauf des Mondes ist ferner im Winter etwas langsamer als im Sommer, oder genauer gesprochen, es tritt eine Verzögerung des Mondlaufs ein, wenn die Erde der Sonne näher kommt und folglich die Wirkung der letztern stärker wird; sie heisst die jährliche Gleichung, da ihre Periode nicht der Mondsumlauf, sondern das Jahr der Erde ist.

Damit aber sind die Ungleichheiten des Mondlaufs bei weitem nicht erschöpft. In der neuesten und gründlichsten Mondstheorie von ***Hansen*** kommen mehrere hundert verschiedene Ungleichheiten vor, die man, wo es sich um die äusserste Genauigkeit handelt, sämmtlich einzeln für jeden Mondort berechnen muss. Die meisten betreffen den Ort des Mondes in Länge, andre die Breite und Entfernung desselben. Man hat, um die Rechnungen möglchst zu erleichtern, Mondstafeln entworfen, in denen alles auf feste Perioden gebracht und in Zahlen dargestellt ist. ***Tobias Mayer*** lieferte die ersten, welche auf eine gründliche Theorie basirt waren: später haben ***Mason***

Bürg, *Burckhardt* und *Damoiseau* vollkommenere und ausführlichere geliefert: die Ausgabe neuer, nach *Hansens* Theorie von ihm selbst berechneter, ist vor Kurzem erfolgt.

§. 97.

Es fragt sich nun, auf welche Weise die Sonne alle diese Veränderungen und Ungleichheiten bewirke. (Allerdings haben auch die Planeten einigen Einfluss darauf, doch ist dieser nur bei Jupiter und Venus noch einigermassen zu berücksichtigen, bei allen übrigen kann man ihn Null setzen). Erinnern wir uns, dass die Kraft, mit welcher die Sonne Körper anzieht, sich umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung verhält, also z. B. 4mal schwächer ist, wenn der angezogene Körper doppelt so weit entfernt ist. Stehen nun Erde, Sonne und Mond in gerader Linie, entweder in der Ordnung *SEM* oder in der *SME*, so wird im ersten Falle die Erde stärker als der Mond, in letzterem der Mond stärker als die Erde angezogen, in beiden Fällen aber die Distanz zwischen Erde und Mond dadurch vergrössert und folglich die Kraft, mit welcher die Erde auf den Mond wirken kann, vermindert, so wie die Bewegung des letztern verlangsamt Wenn dagegen Mond, Erde und Sonne einen rechten Winkel bilden, der Abstand beider Körper von der Sonne also beiläufig gleich ist, so ist zwar die Kraft selbst, mit welcher die Sonne sie anzieht, nicht verschieden, wohl aber die Richtung der Anziehung. Beide Richtungen convergiren nämlich zur Sonne, woraus folgt, dass Mond und Erde einander etwas genähert, die Wirkung beider aufeinander verstärkt, und die Bewegung des einen um die andre beschleunigt wird. Auf diese Weise erklärt sich die Evection.

Man könnte sich nun vorstellen, dass diese wechselsweise Verzögerung und Beschleunigung zwar Ungleichheiten in den einzelnen Punkten der Bahn veranlasse, im Ganzen aber sich ausgleiche und dass hiernach der volle Umlauf selbst unverändert derselbe bleibe. Dem ist jedoch nicht so, wie eine nähere Betrachtung ergeben wird.

Die Entfernung des Mondes von der Erde ist $^1/_{400}$ der Entfernung von der Sonne; die Distanzen sind also für die drei zu vergleichenden Punkte: Vollmond, Erde, Neumond, die folgenden:

$$1\,^1/_{400};\quad 1;\quad ^{399}/_{400}$$

oder in Decimalbrüchen;

$$1{,}00250;\quad 1;\quad 0{,}99750$$

woraus sich das Verhältniss der anziehenden Kraft der Sonne für diese 3 Punkte ergiebt:

0,99500; 1; 1,00500.

Der Mond wird also im Vollmonde um 0,00500 oder $^1/_{200}$ der Gesammtanziehung der Sonne weniger genähert als die Erde, im Neumond um eben so viel mehr; ist also die Gesammtanziehung $= m$, so ist die Evection für Voll- und Neumond $= + \, ^1/_{200} \, m$.

Betrachten wir jetzt die Lage *ME*, oder die Quadraturen (erstes und letztes Viertel), so sei abermals die Gesammtanziehung der Sonne, welche sowohl Erde als Mond in gleichem Maase erfahren, $= m$. Die Convergenz der beiden Richtungen *MS* und *ES* beträgt aber, wie wir sehen, $^1/_{400}$; der Mond wird folglich der Erde um $^1/_{400} \, m$ näher gerückt, d. h. nur um die Hälfte dessen, was wir oben für die grössere Entfernung im Voll- und Neumonde gefunden hatten. Die beiden einander entgegengesetzten Wirkungen compensiren sich also nur zum Theil, und das Ganze kommt darauf hinaus, dass der Mond (wie oben gesagt worden) etwas entfernter von der Erde stehe und langsamer laufe, als ohne Zuthun der Sonne geschehen würde.

Dieses Verlangsamen würde constant bleiben, wenn die Anziehung m constant bliebe, denn alsdann wäre auch $^1/_{200} \, m - {}^1/_{400} \, m$ constant. Wird aber m selbst grösser oder kleiner, so müssen es auch die davon abhängenden Veränderungen werden. Nun steht am 1. Januar die Erde der Sonne am nächsten, m ist also dann am grössten, und alles damit Zusammenhängende am merklichsten, folglich auch die Verlangsamung des Mondlaufs; im Anfang Juli tritt dagegen der umgekehrte Fall ein. Man sieht hierin den Grund der Ungleichheit, welche oben als jährliche Gleichung bezeichnet ist. Sie würde wegfallen, wenn die Bahn der Erde um die Sonne kreisförmig wäre, dagegen stärker hervortreten, wäre die Excentricität der Erdbahn grösser.

Diese Excentricität der Erdbahn hat sich nun seit den Zeiten der ältesten Beobachtungen bis jetzt wirklich vermindert, und also auch die jährliche Gleichung. Allgemein betrachtet, scheint dies ohne Einfluss auf den mittleren Mondlauf zu sein, doch auch dies ist nicht in aller Strenge wahr. Von zwei Ellipsen, welche dieselbe grosse Axe, aber verschiedene Excentricität haben, hat die, welcher die kleinere Excentricität zukommt, einen grösseren Flächeninhalt. Die mittlere Entfernung des in der Ellipse umlaufenden Körpers, so wie die Umlaufszeit desselben, wird zwar dadurch nicht geändert, wohl aber die

Summe sämmtlicher Radienvectoren, wenn man sie in gleichen Distanzen durch die Peripherie vertheilt. Allein von dieser ist *m* oder die Kraft, womit die Erde angezogen wird, abhängig, und jeder Umstand, der *m* verändert, verändert auch nothwendig den mittlern Mondabstand, wie wir oben gesehen haben. Daraus erklärt sich die obige Bemerkung, dass in der Vorzeit jener Abstand und mithin auch die Umlaufszeit des Mondes grösser war, als gegenwärtig.

Die Variation entsteht dadurch, dass die Richtung, nach welcher die Sonne auf Erde und Mond wirkt, mit der vom Monde zur Erde gehenden einen schiefen Winkel macht. Dadurch entsteht nicht sowohl ein direktes Nähern und Entfernen, sondern vielmehr ein Vor- und Rückwärtsschieben des Mondes in Bezug auf seinen ungestörten Ort, welches in den 4 Cardinalpunkten der Mondbahn verschwindet, in jedem der 4 Octanten sich aber wiederholt.

Schwieriger ist die Erklärung des Umstandes, dass das Perigäum vorwärts rückt. Erinnern wir uns aber, dass die Form der Bahn von dem Verhältnisse der (durch die Bahnbewegung erzeugten) Tangentialkraft zur Centripetalkraft abhängt, so ergiebt sich, dass ein geändertes Verhältniss beider Factoren auch die Gestalt oder Lage der Bahn ändern muss. Jede Bahn wird, wie auch dieses Verhältniss ursprünglich beschaffen gewesen sei, ein Kegelschnitt werden; kommt aber von aussen eine Störung hinzu, wodurch eine der beiden Kräfte, beziehungsweise zur andern, vermehrt oder vermindert wird, so wird auch z. B. die Ellipse sich ändern müssen. Wird die Centripetalkraft vermindert, so nähert sich der umlaufende Körper langsamer seinem Centralkörper. Er wird folglich, wenn er vom Punkte seines kleinsten Abstandes an einen Bogen von 360° zurückgelegt hat, noch nicht dahin gelangt sein, diesen kleinsten Abstand wieder zu gewinnen, sondern noch einen gewissen Bogen, der von der Grösse der Störung abhängt, zurücklegen müssen: das Umgekehrte fände statt, wenn die Centripetalkraft in Folge der störenden Einwirkung sich vermehrte. Wir haben oben gesehen, dass die Evection des Mondes in einer wechselsweisen Vermehrung und Verminderung der Centripetalkraft bestehe, dass aber die letztere überwiege. Es wird also der angeführte Fall hier seine Anwendung finden: der Mond wird längere Zeit bedürfen, sein Perigäum zu erreichen, als ein wahrer Umlauf erfordert; das Perigäum (und damit nothwendig die ganze Apsidenlinie) rückt also vorwärts.

Noch ist des Rückwärtslaufens der Knoten zu gedenken. (Fig. 46.) Man denke sich die Ebene der Ekliptik senk-

recht auf der des Papiers und AB in dieser Ebene liegend, eben so sei MM' ein Theil der (gleichfalls auf der Ebene des Papiers senkrechten) Mondbahn. Die Sonne, aus der Ebene der Ekliptik her, auf den ausserhalb (etwa in m) stehenden Mond wirkend, wird dahin streben, ihn näher zur Ekliptik heranzuziehen, so dass er statt der ausgezogenen Linie MO die punktirte MO' beschreibt, also den Knotenpunkt früher erreicht, als ausserdem geschehen wäre. Man sieht nun freilich, wie die Knoten zurückweichen; es scheint aber, dass gleichzeitig auch die Neigung grösser geworden sei. Bedenken wir indess, dass nach dem Durchgange durch den Knoten das Heranziehen zur Ekliptik den Winkel wieder verkleinern muss, so sehen wir, dass die Wirkung auf den Neigungswinkel eine Compensation erhält, und er daher im Ganzen gar wohl derselbe bleiben kann, während der Knoten seine rückgängige Bewegung nicht wieder compensirt, und es wird das oben Gesagte klar werden

§. 98.

Wir haben die hauptsächlichsten störenden Wirkungen der Sonne auf den Mond in den allgemeinsten Umrissen, und zwar jede derselben für sich, betrachtet: dies genügt indess bei Weitem nicht, wo eine genaue Entwickelung gefordert wird. Anomalie, Evection, Variation, jährliche Gleichung u. s. w. finden nicht isolirt neben einander, sondern gleichzeitig statt, und eins wirkt auf das andere zurück. Wenn auf diese Weise die verschiedenen Störungen sich gleichsam einander selbst wieder stören, so muss der, welcher genaue Berechnungen machen will, auf alle diese Zwischenglieder Rücksicht nehmen. Daher die grosse Anzahl der anzubringenden Correctionen, die sogar eine unendliche sein würde, wenn nicht alle diejenigen, die eine gewisse Grösse nicht überschreiten, vernachlässigt werden könnten. Es ist eine der grössten analytischen Schwierigkeiten, hierin das Rechte zu treffen, und es erfordert eine ganz eigenthümliche scharfsinnige Combination, wenn man sicher sein will, keins der noch merklichen Glieder zu vernachlässigen und gleichwohl die Form der Berechnung so einzurichten, dass alles Ueberflüssige wegfalle.

Unter den im Vorstehenden nicht erwähnten kleineren Störungsgliedern ist eins, welches sich ändern würde, wenn die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne eine andere wäre. Dies ist nun zwar scheinbar der Fall bei allen angeführten Störungen, allein mit dem wesentlichen Unterschiede

dass, genau genommen, ihre Grössen nicht direkt von der Entfernung, sondern von dieser und der Sonnenmasse zusammengenommen, also von der Kraft K abhängen, welche in Bezug auf die Erde wirksam ist. Unsere Kenntniss des numerischen Werthes dieser Kraft ist nun von der der Sonnenentfernung in so fern nicht abhängig, als wir bei einem — etwa in Folge genauerer Beobachtungen — verändert angenommenen Werthe derselben nicht K, sondern die Sonnenmasse ändern müssten, wobei sodann alle Störungen der Mondbahn, diese eine ausgenommen, dieselben blieben. Die erwähnte Störung heisst die parallaktische Gleichung, denn ihre Ermittelung auf dem Wege direkter Beobachtung kann dienen, die Sonnenparallaxe und folglich die Entfernung der Sonne zu bestimmen. Bis jetzt ist zwar die Uebereinstimmung der Mondbeobachtungen noch nicht so gross, um dem auf diese Weise erlangten Resultate gleiches Gewicht mit dem durch Beobachtung des Venusdurchgangs ermittelten beizulegen, jedenfalls aber ist es wichtig, dass zwei auf gänzlich verschiedenem Wege erhaltene Werthe dieses wichtigen Elements so nahe übereinstimmen.

Die Erscheinungen, welche der Mondumlauf uns darbietet, wiederholen sich zwar auch in allen anderen Fällen, wo drei oder mehrere Körper auf einander wirken, also z. B. im Laufe der Planeten. Aber während bei letzteren oft Myriaden von Jahren verfliessen, ehe eine Störungsperiode abläuft, umfassen sie beim Monde nur einen oder einige Monate, höchstens Jahre, können also durch Beobachtung gefunden und die Theorie durch diese erprobt und bestätigt werden, was jetzt wenigstens noch nicht möglich wäre, wenn der Betrag einer Störung sich mehrere Menschenalter hindurch nahe auf derselben Höhe erhielte. So sind die Untersuchungen über den Mondumlauf nicht blos von Wichtigkeit für diesen allein, sondern für die gesammte Theorie der Astronomie.

§. 99.

Wenden wir uns nun zur Betrachtung des Mondes selbst, so zeigt er sich uns als Kugel, die in mittlerer Entfernung, nach *Burckhardt's* und *Ferrer's* Bestimmungen, 15′ 31″,69 im Halbmesser hält. In eben dieser Entfernung beträgt die Parallaxe des Mondes nach der neuesten Ermittelung 57′ 2″,2. Für den Durchmesser des Mondes folgt hieraus 0,27234 des Erddurchmessers oder 468 geograph. Meilen; der Flächeninhalt beträgt 688635 Quadratmeilen und der körperliche Inhalt 53735000 Kubikmeilen. Der Flächeninhalt der Erde ist 13,7mal, der körperliche 49,6mal grösser als der des Mondes; der Um-

fang der Mondkugel mag mit der grössten Länge Asiens, der Flächeninhalt mit dem von Amerika verglichen werden, und wenn man eine 6 Meilen dicke Schale von der Erdkugel abhöbe, so könnte man aus dieser eine solide Kugel von der Grösse des Mondes formen. —

Der Mond hat keine irgend wahrnehmbare Abplattung, dagegen aber eine — wiewohl äusserst geringe und nur durch die Theorie gefundene — Verlängerung gegen den Erdkörper hin, die kaum 1000 Fuss beträgt. Wir können also den Mond, wenn wir von seinen physischen Ungleichheiten abstrahiren, völlig als Kugel betrachten.

Der Mond rotirt um seine Axe vollkommen genau in derselben Zeit, in welcher er um die Erde läuft, jedoch ist diese Rotation gleichförmig und nimmt weder an den elliptischen noch an den durch die Störungen erzeugten Ungleichheiten des Mondumlaufes Theil. Die Axe der Mondkugel macht mit der Ekliptik einen unveränderlichen Winkel von 88° 31′ 15″, und der Aequator neigt sich also gegen diese um 1° 28′ 45″. Dagegen ist die Neigung des Mondäquators gegen seine eigene Bahn veränderlich, wie diese selbst, und kann von 6° 29′ bis 6° 47′ gehen. Der niedersteigende Knoten des Mondäquators in der Ekliptik fällt stets mit dem aufsteigenden der Mondbahn in der Ekliptik zusammen; diese drei Ebenen bilden also nur zwei gemeinschaftliche Durchschnittspunkte und haben eine Knotenlinie mit einander gemein. *Cassini* hat diese Bestimmungen durch Beobachtung ermittellt; die spätern französischen Astronomen, namentlich *Laplace*, haben sie durch die Theorie erwiesen.

Es folgt hieraus, dass derjenige Punkt der Mondfläche, der einmal der Erde zugewandt ist, dies auch bleiben werde, bis auf die durch den Umlauf erzeugten Ungleichheiten. Diese bewirken eine Veränderung in der Lage dieses (und also auch jedes andern) Punktes der Mondkugel gegen die Erde, die man Schwankung (Libration) nennt, und die nicht stattfinden würde, wenn die Erde sich an einem Punkte befände, um welchen der Mond in gleichen Zeiten gleiche Winkel beschreibt, und zugleich der Mondäquator senkrecht auf der Mondbahn stände. Dass beides nicht stattfindet, bewirkt, dass wir (nach und nach) etwas mehr als die Hälfte des Mondes sehen, so dass überhaupt $^3/_7$ des Areals desselben uns gänzlich und für immer verborgen bleiben.

(Fig. 47.) Es sei *T* die Erde, die in dem einen Brennpunkte der Mondbahn steht. Im Punkte 1 befinde sich der

Mond, und auf seiner Oberfläche sei *a* derjenige Punkt, welcher der Erde gerade gegenübersteht und von ihr aus auf der Mitte der Scheibe gesehen wird. Nach Verlauf des vierten Theils der Umlaufs- (und Rotations-) Zeit ist der Mond nach 2 gerückt und der Punkt *a* hat sich um ¼ des Umkreises der Mondkugel herumgedreht. Da aber der Winkel 1 *T* 2 um die volle Mittelpunktsgleichung grösser als ein rechter ist, so trifft die Centrallinie der beiden Körper nicht den Punkt *a*, sondern einen westlicher liegenden *g*, und *ag* ist jetzt die Libration. Rückt der Mond bis 3 fort, so ist ein halber Umlauf und gleichzeitig eine halbe Rotation des Punktes *a* vollendet, er steht also wieder der Erde gerade gegenüber und man hat keine Libration. In 4 endlich ist *a* um ¾ des Kreises, der Mond selbst aber noch nicht um ¾ seines Umlaufs fortgerückt: als Folge davon erscheint jetzt ein von *a* aus östlich liegender Punkt *h* auf der Mitte, und man hat eine der vorigen entgegengesetzte Libration *ah*.

Die hier beobachtete Verschiebung betrifft die Meridiane der Mondkugel, die für unsern Anblick nach Westen und Osten gerückt werden, jedoch, wie oben bemerkt, nur innerhalb bestimmter Grenzen. Man nennt sie daher Libration in Länge, und sie beträgt im Maximo 7° 53′ auf jeder Seite.

Es giebt aber noch eine Libration in Breite, die von der Neigung der Rotationsaxe gegen die Bahn abhängt. Dadurch erscheinen die Mondpole nicht — wie es bei streng senkrechter Lage der Axe sein würde — bleibend im Rande, sondern werden uns wechelsweise etwas zu- und abgewandt. Kehrt sich das Nordende der Axe gegen uns, so werden alle Flecke mehr nach Süden rücken, so wie umgekehrt nach Norden, wenn der Südpol sich zu uns herumwendet. Dies nennt man Libration der Breite, und sie beträgt im Maximo 6° 47′.

Streng genommen findet noch eine dritte Art der Verschiebung statt. Befindet sich der Beobachter auf der Erde nicht in der Centrallinie, sondern ausserhalb derselben etwa in *t*, so erblickt er nicht den Punkt *h*. sondern einen andern *k* auf der Mitte der Scheibe, und so entsteht für verschiedene Erdorte gleichzeitig ein etwas verschiedener Anblick der Mondscheibe. Die Berechnung dieser Libration fällt mit der der Parallaxe des Mondes zusammen, und man nennt sie auch die parallaktische Libration. Sie kann etwas über 1° steigen und nach allen Richtungen hin wirken.

Man sieht, dass diese Schwankungen nicht eigentlich der Mondkugel selbst zuzuschreiben sind, und dass sie sogar für unsern Anblick wegfallen würden, wenn die Ungleichheiten des Umlaufs zugleich der Umdrehung angehörten. Man kann indess die Frage aufwerfen, ob in der Umdrehung selbst nicht kleine, bisher nur noch nicht bemerkte, Ungleichheiten stattfinden, ob es also nicht ausser der oben betrachteten und als optisch zu bezeichnenden Libration noch eine eigenthümliche physische gebe? *Laplace*, und noch erschöpfender *Poisson*, haben diesen Gegenstand theoretisch, *Nicollet*, *Bouvard* und *Arago* praktisch auf dem Wege der Beobachtung untersucht; doch ist er noch nicht zur letzten Entscheidung geführt: er verdient es im vollen Maasse, dass man das Aeusserste daran setze, ihn zu erforschen, denn — so wenig dies auf den ersten Anblick scheinen möchte — er ist von der höchsten Wichtigkeit für eine künftige Geschichte der Entstehung des Sonnensystems.

§. 100.

Die absolut genaue Uebereinstimmung der mittleren Rotations- und mittleren Umlaufszeit des Mondes — die sogar, wie *Laplace* gezeigt hat, für alle Zeiten stattfindet, so dass das Menschengeschlecht nie die andere Seite des Mondes gesehen hat, noch jemals sehen wird — ist nämlich nach aller Wahrscheinlichkeit nicht zufällig. Als Erde und Mond sich aus dem formlosen Chaos zu bilden anfingen, fügten sich die einzelnen Weltatome nicht völlig concentrisch um den anfänglichen Mittelpunkt des Mondes, sondern nach der Seite der Erde zu in etwas stärkerem Maasse als nach der entgegengesetzten. Diese Seite ward mithin die schwerere, und wie gering auch das Uebergewicht immerhin sein mochte, es veranlasste eine Neigung dieser Seite, sich beständig der Erde zuzuwenden. Es fragt sich nun, ob die Rotation des Mondes gleich Anfangs so beschaffen gewesen, wie wir sie jetzt finden, oder ob ihre Periode eine von der Umlaufsperiode verschiedene — nur nicht zu stark verschiedene — war, die aber nach und nach durch jene überwiegende Neigung der schwereren Mondhälfte zur Erde auf die jetzige zurückgebracht worden? In letzterm Falle hätten Anfangs grosse Schwankungen stattgefunden, die aber allmählig — ähnlich wie die eines in starke Bewegung gesetzten Pendels — sich bis zum unmerklichen verminderten. Da sie indess nicht ganz vernichtet werden können, vielmehr ihre gegenwärtige Grösse, wenn sie anders existiren, von der anfänglichen abhängt und auf sie zurückschliessen lässt, so ist

es nunmehr Sache der beobachtenden Praxis, diese physische Libration zu entdecken.

Die neuesten Arbeiten über diesen Gegenstand hat der kürzlich verstorbene *Wichmann* veröffentlicht. Er hat die bereits von *Bessel* begonnenen, von ihm und *Schlüter* fortgesetzten Beobachtungen eines Ringgebirgs auf dem Monde dazu benutzt, die Elemente der Rotation und Libration genauer zu untersuchen. Indess lässt sich bis jetzt aus seinen Rechnungen nur schliessen, dass die physische Libration zu klein sei, um daraus bestimmt zu werden.

Da mithin ihr Vorhandensein bis jetzt noch nicht erwiesen, wohl aber dargethan ist, dass sie jedenfalls äusserst klein sei, so wird sie in den folgenden Abschnitten nicht weiter berücksichtigt werden. Das darin Gesagte wird überdies nur sehr geringe Modificationen erleiden, wenn sie einst nachgewiesen werden sollte.

§. 101.

Der mittlere Tag des Mondes ist gleich der halben Dauer seines Umlaufs, also $354^h\ 22'\ 1'',4$, und erleidet im Laufe des Jahres (das dem Erdjahr nahe gleich ist) nur geringe Veränderungen, wenn man die äussersten polaren Gegenden ausnimmt. Aus den Elementen der Bahn und Rotation ergiebt sich auf ähnliche Weise, wie für die Erde, die Länge des Tages und der Nacht für jeden gegebenen Ort und jede Zeit, und wir könnten einen Kalender für einen beliebigen Mondort berechnen, in welchem nicht eine einzige der wesentlichen Bestimmungen, welche unsere Kalender enthalten, vermisst werden, der aber allerdings eine sehr eigenthümliche und für Erdbewohner fremdartige Gestalt erhalten würde. Ein Vorschlag für diejenigen, die sich so unendliche Mühe gegeben haben, durch allerlei scharfsinnige Combinationen und Conjecturen etwas über die Lebensverhältnisse der Seleniten herauszubringen. Hier ist der Raum zur Ausführung eines solchen nicht gegeben: wir müssen uns begnügen, die merkwürdigsten dieser Verhältnisse im Allgemeinen anzudeuten.

Die von den Jahreszeiten abhängende Ungleichheit der Tage (denn wir werden sehen, dass für den Mond noch andere Ursachen eine solche bewirken) ergiebt sich aus folgender Uebersicht.

	Längster Tag.			Kürzester Tag.			Unterschied.		
0° Breite:	354h	22′	1″	354h	22′	1	0h	0′	0″
5	354	37	28	354	6	34	0	30	54
10	354	53	9	353	50	53	1	2	16
15	355	9	19	353	34	43	1	34	36
20	355	26	15	353	17	47	2	8	28
25	355	44	18	352	59	42	2	44	36
30	356	3	54	352	40	8	3	23	46
35	356	25	34	352	18	28	4	7	6
40	356	49	6	351	54	56	4	54	10
45	357	18	30	351	25	32	5	52	58
50	357	52	22	350	51	50	7	0	32
55	358	34	7	350	9	55	8	24	12
60	359	27	47	349	16	15	10	11	32
65	360	40	40	348	3	22	12	37	18
70	362	25	19	346	18	43	16	6	36
75	365	21	40	343	22	22	21	59	18
80	371	6	31	337	37	31	33	29	0
84	382	38	45	326	5	17	56	33	28
88	449	27	53	259	16	9	190	11	44

Diese Ungleichheiten sind durchschnittlich 16mal geringer als auf unserer Erde, wenn man sie mit der Länge der Tage vergleicht, aber es finden noch andere statt, welche die Erde nicht kennt.

Wenn (was im ersten Mondviertel geschieht) dem Mittelpunkt der diesseitigen Halbkugel die Sonne aufgeht, so steht sie gegen 8′ in Bogen westlich von ihrem mittleren (geocentrischen) Orte; wenn sie untergeht, um eben so viel östlicher. Dadurch verfrüht sich der Sonnenaufgang um 16′ 58″, und um eben so viel verspätet sich der Untergang: der Tag ist also, unabhängig von der Jahreszeit, um 33′ 56″ länger, als er ohne diesen Umstand sein würde, woraus nothwendig folgt, dass er für den Mittelpunkt der jenseitigen Halbkugel um eben so vieles kürzer sein werde.

Die Ungleichheiten des Laufes tragen gleichfalls bei, die Tage ungleicher zu machen. (Für die Erde findet dies nur in höchst geringem Maasse statt, da die Ungleichheiten weit geringer sind und sich im Laufe eines Erdentages überdies fast gar nicht ändern). Die einzelnen Mondtage können in Folge derselben 4 bis 5 Minuten kürzer und länger werden.

Im Allgemeinen sind diese Verschiedenheiten zwar man-

nichfaltiger und verwickelter als bei unserer Erde, aber ihrem Gesammtbetrage nach geringer. Anders jedoch ist es mit den physischen Verschiedenheiten, von denen wir auf der Erde wenig wissen, die aber auf dem Monde das ganze Verhältniss umgestalten. Wir müssen hier als bekannt voraussetzen, dass die Oberfläche des Mondes beträchtliche gebirgige Ungleichheiten habe, besonders aber eine grosse Anzahl schroff abstürzender, kreisförmiger Tiefen mit erhöhetem Walle. Die hochliegenden Gipfel erhalten die Sonnenstrahlen um mehrere Stunden früher, als die Ebenen und Thäler, ja letztere verlieren, wenn sie nach der Aequatorseite zu von einem Walle begrenzt sind, regelmässig einen grossen Theil des Tages, einige den ganzen Tag, so dass sie gar keinen direkten Sonnenschein erhalten. Am eigenthümlichsten stellt sich dies Verhältniss für die Polargegenden, wo die höheren Bergspitzen immerwährenden Sonnenschein geniessen*), die Thäler aber weder Tag noch Nacht kennen, sondern nur mehr oder minder helle Dämmerung, erzeugt durch den Reflex der umliegenden Höhen.

Dieses überraschende Factum ist das Resultat einer höchst einfachen Rechnung: die Sonne kann nie tiefer als $1\frac{1}{2}$ unter den wahren Horizont des Nord- oder Südpols herabsinken, nie sich höher über ihn erheben. Ueberragt nun ein Berggipfel die umliegende Gegend nur um 1830 Fuss, so gewinnt er (auf der kleinen Mondkugel) schon $1\frac{1}{2}$ des unter seinem wahren Horizont liegenden Himmels und kann mithin nie die Sonne gänzlich verschwinden sehen. Nun aber giebt es an beiden Mondpolen Berge, welche diese Höhe weit übersteigen: am Nordpole Gipfel von 9000, am Südpole von mehr als 20000 Fuss Erhebung über das Niveau des Fusses; und nicht minder Tiefen, die von solchen Bergen und Bergwällen rings umgeben sind.

Wie die Tage selbst auf dem Monde wenig verschieden sind, so ist es auch die Mittagshöhe der Sonne für einen gegebenen Mondort, deren ganzer Spielraum nicht völlig 3° beträgt,

*) Diese in buchstäblich ewigem Lichte erglänzenden Höhen lassen sich speciell nachweisen: man erblickt sie besonders schön und zahlreich am südlichen Horne die ganze Lunation hindurch als strahlende Lichtinseln, und namentlich bei sichelförmiger Gestalt des Mondes genügt schon ein 15—20mal vergrösserndes Handfernrohr, sie mit aller erwünschten Deutlichkeit wahrzunehmen. — Hier würden die Magier des Ostens den Tempel des Sonnengottes errichtet, hier das heilige Feuer unterhalten haben, wäre es ihnen vergönnt gewesen.

während er für einen Erdort 46° 55′ ist. Deshalb sind auch alle Tage gleich hell, alle Nächte gleich dunkel. Der gänzliche Mangel einer strahlenbrechenden und reflectirenden Atmosphäre würde bewirken, dass gar keine Dämmerung stattfände, sondern dem vollen Tage mit Blitzesschnelle die dunkelste Nacht folgte, wenn nicht die Langsamkeit des Sonnenauf- und Unterganges dies in etwas mässigte. Die mittlere Dauer des Meridiandurchganges der Sonne ist dort 68 Minuten (statt 2¼ Minuten wie bei uns), und dies ist das Minimum der Dauer des Auf- und Unterganges der Sonne; je höhere Breiten, desto längere Dauer. So entsteht eine allmähliche Abnahme des Tages, obwohl dennoch der Eintritt der Nacht beim Verschwinden des letzten Sonnenrandes ganz plötzlich eintritt, wenn nicht umliegende Höhen das Sonnenlicht reflectiren.

Wir haben gesehen, dass die jenseitige Mondhalbkugel kürzere Tage als die diesseitige hat; wir müssen hier aber hinzufügen, dass ihre Tage, und zwar im Verhältniss von 99 : 100, heller als die der uns zugewandten Seite sind. Denn wenn diese erleuchtet wird, steht der Mond $1 + \frac{1}{400}$, wenn jene, $1 - \frac{1}{400}$ des Erdabstandes von der Sonne. Aus diesem Verhältnisse des Abstandes 401 : 399 folgt das der Beleuchtung = 159201 : 160801, oder sehr nahe 99 : 100. — Aehnliches findet für die Erde, aber in Bezug auf die Jahreszeiten statt: der Sommer der Südhalbkugel ist etwas kürzer, aber die Sonne steht der Erde näher, als im Sommer der Nordhalbkugel.

Die Schärfe des Kontrastes zwischen Licht und Schatten wird nicht wie bei uns durch die Atmosphäre gemildert. Ein blauer Himmel ist auf dem Monde nicht möglich: wir müssen aus allen Umständen schliessen, dass auch der Taghimmel dort s c h w a r z sei*). Vielleicht ist selbst die Anwesenheit der Sonne über dem Horizont kein Hinderniss, die Sterne zu sehen, wenn gleich die Nacht sie besser zeigen mag. Die

*) Die Behauptung klingt paradox; allein wie sollte es anders sein? Unser Blau ist nicht die Farbe des Aethers im Weltenraume, sondern unserer Luft, die dem Monde fehlt, und erhebt man sich auf unserer Erde zu grossen Höhen, also in beträchtlich dünnere Luft, so nimmt der Himmel ein immer tieferes Blau an, das, mit glänzenden Schneeflächen verglichen, fast als Schwarzblau erscheint. Man erhebe sich in Gedanken weiter, und es wird immer schwärzer um uns herum werden, dafür aber auch die Sonne immer heller strahlen, und bald wird es irdischen Augen nicht mehr möglich sein, ihren Glanz zu ertragen.

Schatten auf der Mondfläche erscheinen uns pechschwarz, und mit unserm Nachthimmel verglichen, zeigt sich kein Unterschied: die Erde würde einen ganz andern Anblick gewähren, und namentlich die Schatten mehr oder weniger die Farbe des über ihnen schwebenden Gewölkes oder des heitern Himmels zeigen.

§. 102.

Die Nächte des Mondes sind von zweierlei Art. Die der jenseitigen Halbkugel sind völlig dunkel: kein grösserer Körper erscheint am Horizont: Fixsterne und Planeten glänzen dort ungeschwächt und die Erde wird nie gesehen. Nirgend im ganzen Planetensystem ist ein Ort aufzufinden, der so geeignet wäre für die feinsten astronomischen Beobachtungen, für die Lösung der schwierigsten Fragen, welche die Constitution des Universums darbietet, als die jenseitige Mondhalbkugel. -- Auf der diesseitigen sind sämmtliche Nächte erdhell, und diese Helle ist fast 14mal stärker als der Mondschein für uns; jede Nacht wiederholt, mit geringen Abweichungen, dieselben Phasen der Erde. Betrachten wir z. B. den Mondmittelpunkt, welcher die Erde im Zenith erblickt. Gegen Mittag ist sie Neuerde und wendet dem Monde die dunkle Seite zu, während des 177stündigen Nachmittags hat sie Sichelform, beim Untergange der Sonne ist sie halb, um Mitternacht voll erleuchtet, worauf die Abnahme in umgekehrter Ordnung erfolgt. Das letzte Erdviertel z. B. findet bei Sonnenaufgang statt. Betrachten wir einen Punkt im westlichen Rande, so hat dieser bei Sonnenaufgang Neuerde, um Mittag das erste Viertel, am Abend Vollerde, um Mitternacht das letzte Viertel. Ein Punkt des Ostrandes dagegen hat bei Sonnenuntergang Neuerde, das erste Viertel tritt um Mitternacht, die Vollerde am Morgen u. s. w. ein.

Die Erde hat für jede gegebene Mondgegend einen bestimmten mittlern Ort am Himmel und bewegt sich nur innerhalb eines beschränkten Raumes, in dessen Mitte dieser Punkt liegt. Dieser Raum ist ein sphärisches Rechteck von 15° 46′ Länge und 13° 34′ Breite, welche äusserste Grenzen sie indess selten erreicht. Unter- und Aufgehen kann sie nur für diejenigen Mondgegenden, deren Horizont dies Rechteck durchschneidet, was beiläufig für 1/7 der Mondoberfläche der Fall ist; 3/7 sehen sie beständig, 3/7 nie. Die äussersten uns noch erreichbaren Mondländer sehen nur zuweilen ein Segment der Erdscheibe, nie das Ganze, über den Horizont rücken. Diese

Bewegungen der Erde sind äusserst langsam und nichts als eine Abspiegelung der Librationsbewegung der Mondkugel: denn den Lauf der Erde um die Sonne kann der Mond nicht direkt wahrnehmen, da er ihm selbst ebenfalls zukommt. Der Grösse nach ist die Erde für den Mond ein sehr ansehnlicher Körper, sie erscheint $3^2/_3$mal so gross im Durchmesser, als uns der Mond, und leuchtet mit einer fast 14mal grösseren Fläche. Sie wendet den Mondbewohnern binnen 24 Stunden 50 Minuten alle ihre Seiten zu, und selbst ihre polaren Gegenden können dort noch sehr gut und ohne um mehr als die Hälfte verkürzt zu erscheinen, wahrgenommen werden, vorausgesetzt, dass man die günstigsten Momente wählte. Wenn wir, in Ermangelung bestimmter Daten, annehmen, dass die Sehorgane der Mondbewohner dieselbe optische Schärfe als die unsrigen haben, so können sie Inseln wie Corsica noch einigermaassen ohne künstliche Hülfsmittel unterscheiden, wenn die Erdatmosphäre möglichst heiter ist, also gewiss auch die Rotation wahrnehmen. Nach Verlauf einer Viertelstunde ist die Fortrückung der Erdlandschaften von Westen nach Osten schon beträchtlich genug, um bemerkt zu werden, und da sich dies regelmässig wiederholt, so ist die Erde eine natürliche Uhr für den Mond, um seine Tage in kleinere Theile zu theilen. Die grösseren Theile giebt die Lichtgestalt, die kleineren Unterabtheilungen die Rotation der Erde. Nur muthmasslich lässt sich angeben, wie die Farbe und Helligkeit der verschiedenen Erdoberflächentheile dort sich darstellen werde: gewiss aber ist es, dass das Land heller als das Meer erscheint (dies zeigen unsere Beobachtungen über das Erdenlicht im Monde), wenn gleich der hellste Punkt der sein mag, wo sich die Sonne im Meere spiegelt. Der Jahreszeitenwechsel muss die Lokalfarbe der Erdscheibe bedeutend ändern, andere Naturrevolutionen weit weniger, am wenigsten die Werke der Menschen, wenigstens immer erst nach langer Zeit. (Allmählige Kultur, weiter Sumpfstrecken, Lichtung grosser Urwälder u. dgl. noch am leichtesten; Städtebau schwerlich, wenn man nicht starke Ferngläser anwendet, Strassen- und Kanalbauten gewiss nicht mehr. Sehr deutlich werden dagegen die meteorischen Veränderungen, Wolken und Nebel bemerkt werden können.)

Die Finsternisse und andere astronomische Momente, welche der Mond erblickt, werden sich am deutlichsten darstellen lassen, wenn wir von den durch den Mond für die Erde bewirkten Finsternissen sprechen. Vorläufig sei hier

bemerkt, dass nur auf der diesseitigen Halbkugel von ihnen die Rede sein könne.

§. 103.

Die **Masse** des Mondes, wie sie *Lindenau* aus Beobachtungen des Polarsterns abgeleitet hat, ist $^1/_{88}$, genauer $^1/_{87,48}$ der Erdmasse; nach den neuesten Rechnungen von *Peters* und *Schidloffsky* dagegen $^1/_{81}$. Da nun der körperliche Inhalt des Mondes $^1/_{49,6}$ des Erdinhalts ist, so erhalten wir für die Dichtigkeit 0,61; folglich ist, wenn man mit *Baily* die Dichtigkeit der Erde = 5,68 der Dichtigkeit des reinen Wassers setzt, die Dichtigkeit der Mondkugel die $3^1/_2$ fache unsers Wassers.

Die hieraus sich ergebende Schwere auf der Mondoberfläche ist 6 mal geringer, als auf der Erde, und hiernach beträgt der Fall in der ersten Sekunde 2,52 Fuss; das Sekundenpendel ist nur 6 Zoll lang, und ein Centner (100 Pfund), von unserer Erde dorthin versetzt, würde nur 16 Pfund wiegen, d. h. nur so viel Kraft als diese zur Benutzung erfordern.

Durch dieses Schwereverhältniss werden alle Bewegungen, horizontale wie vertikale erleichtert, und besonders die letzteren gefahrloser. 60 Fuss Höhe auf dem Monde sind für einen Sprung um nichts bedenklicher, als 10 Fuss auf der Erde. Ein aufgeworfener Körper fliegt in demselben Verhältniss höher und weiter: der Widerstand der Massen, so weit er nicht von der Cohäsion, sondern nur von der mechanischen Schwere abhängt, ist geringer als bei uns. Terrainschwierigkeiten, die uns zu so ungeheuren Anstrengungen, zu so riesenhaften Werken nöthigen, werden dort, auch bei noch so grossen Unebenheiten des Bodens, wenig zu bedeuten haben u. s. w. — Es hat nicht den Anschein, dass diejenigen, die so rüstig zur Hand waren, den Mond zu bevölkern, zu bebauen und seinen Boden zu kultiviren, bis er zuletzt von unserer Erde fast gar nicht mehr zu unterscheiden war, diese hier erwähnten Verhältnisse und ihre nothwendigen weiteren Folgerungen einer besondern Aufmerksamkeit gewürdigt haben.

Wir werden weiter unten die **physische** Beschaffenheit des Mondes genauer betrachten und uns das Bild unsers Nach-

barplaneten, nicht wie es bodenlose Hypothesen uns vorspiegeln, sondern wie es sorgfältige und vorurtheilsfreie Beobachtungen zu entwerfen gestatten, möglichst vollständig zur Anschauung bringen. Hier mussten indess einige der bekanntesten Thatsachen vorläufig berührt werden, da z. B. die Beleuchtungsverhältnisse nur sehr einseitig dargestellt werden können, wenn man von allen physischen Beziehungen absehen wollte.

§. 104.

Jeder im freien Weltraume schwebende dunkle und undurchsichtige Körper wirft einen Schatten hinter sich, dessen Gestalt und Grösse von der des leuchtenden und beleuchteten Körpers, so wie von der Entfernung beider, abhängt.

(Fig. 48.) In dem einfachsten Falle zweier Kugeln, von denen die leuchtende die grössere ist, wird der Schatten ein Kegel, dessen Länge bis zur Spitze, wenn D der Abstand, R der Halbmesser des leuchtenden, r der des erleuchteten Körpers ist, durch

$$\frac{D \cdot r}{R - r}$$

gegeben ist. Indem man für D die Entfernung der Sonne von Erde und Mond, für R den Halbmesser der Sonne und für r den der Erde und resp. des Mondes setzt, erhält man folgende Grössen:

Länge des Erdschattens	in grösster Entfernung	189846	Meilen
	in mittlerer „	186654	„
	in kleinster „	183572	„
Länge des Neumondschattens			
	in grösster Entfernung	51169	„
	in mittlerer „	50294	„
	in kleinster „	49459	„

Die Axe des Schattenkegels fällt jedesmal in die Verlängerung der Centrallinie der beiden Körper. Tritt ein dritter nicht selbstleuchtender Körper ganz oder theilweise in diesen Schatten, so erfolgt eine F i n s t e r n i s s, die überall, wo dieser

Körper überhaupt sichtbar ist, selbst von einem andern als dem beschattenden Weltkörper aus, wahrgenommen werden kann; und für ihn selbst eine Verdeckung des leuchtenden Körpers (uneigentlich Sonnenfinsterniss genannt).

Ausser dem vollen oder eigentlichen Schatten erzeugt sich aber noch, ihn von allen Seiten umgebend, der sogenannte Halbschatten, der noch Sonnenlicht, aber nur von einem Theile der leuchtenden Scheibe, enthält, und der zwar, mathematisch betrachtet, seine bestimmte seitliche Grenze hat, physisch genommen aber sich allmählig ins volle Licht verliert. Sei Fig. 48. *S* die Sonne, *T* die Erde, so ist *mnp* der volle Schatten, der in *p* aufhört, *mnqr* hingegen der ihn umhüllende Halbschatten, der ins Unendliche frrtläuft,

Die Grössen und Entfernungen der Weltkörper im Sonnensystem, so weit wir es kennen, sind so abgemessen, dass volle Schatten nie von einem Hauptplaneten auf einen andern, sondern nur auf dessen Monde, und umgekehrt, fallen können.

Indess erleidet die auf diese Weise unter Annahme geradlinig fortgehender Lichttangenten berechnete Grösse des Schattens, so wie seine Dunkelheit, mancherlei Modificationen durch die strahlenbrechende und lichtschwächende Atmosphäre, welche die Erde und wahrscheinlich auch andere Hauptplaneten umgiebt. Es entsteht eine Beugung des Strahls, wodurch er — wiewohl äusserst geschwächt — in die mathematisch berechneten Grenzen des vollen Schattens eindringt, sein Dunkel mildert und ihm verschiedene Farben giebt.

Aus den im Vorstehenden ermittelten Werthen für die Länge des Schattens bei Erde und Mond ergiebt sich, dass der volle Erdschatten den Mond nicht allein treffen, sondern auch ganz bedecken kann, so dass der Mond über zwei Stunden lang darin verborgen ist. Der Mond dagegen kann seinen Schatten in mittlerer Entfernung nicht mehr auf die Erde werfen, in geringerer jedoch ist dies möglich, nur wird der verfinsterte Theil der Erde stets ein sehr kleiner sein; für Aequatorgegenden nicht über 30 Meilen, für polare wohl bisweilen bis zu 200 Meilen Durchmesser.

Der Halbschatten dagegen ist, wie wir gesehen haben, durch keine noch so grosse Distanz beschränkt; der des Mondes kann (allein oder gleichzeitig mit dem vollen) einen beträchtlichen Theil der Erde treffen, so wie der unserer Erde den Mond. Wenn nur der Halbschatten des Mondes die Erde

trifft, so kann der Grund ein zwiefacher sein: entweder reicht der volle Schatten mit seiner Spitze nicht ganz bis zur Erdoberfläche, oder die Richtung der Schattenaxe führt an der Erdkugel seitwärts vorüber.

§. 105.

Hierin liegt der Unterschied zwischen totalen, ringförmigen und partialen Sonnenfinsternissen. Die totale (vom vollen Mondschatten bewirkte) ist stets von sehr kurzer Dauer, denn sowohl die Bewegung des Mondes als die Rotation der Erde führen schon nach wenigen Minuten andere als die anfänglich getroffenen Punkte in den Schatten. Man erhält eine Curve des Ganges der totalen Finsterniss über die Erdfläche hin, die sich, da die besonderen Umstände sich jedesmal anders gestalten, im Allgemeinen nicht bestimmen lässt. Sie beginnt auf der Erde in einem Punkte, wo in demselben Moment die Sonne aufgeht, und endet nach 4 — 5 Stunden an einem gewöhnlich 100° — 120° entlegenen, wo sie eben untergeht. An beiden Seiten liegen sodann Zonen von ungleicher Breite, in denen die Finsterniss partial ist, und zwar desto geringer, je weiter sie von der Linie der totalen entfernt sind. Es sind dies die vom Halbschatten des Mondes getroffenen Länder und Meere. Zunächst der totalen Finsterniss erscheint die Sonne als Sichel, wie der Mond kurz vor oder nach dem Neumonde, nur dass diese Sichel weniger als den Halbkreis umfasst (denn im Fall einer wirklich totalen Finsterniss ist der scheinbare Durchmesser des Mondes grösser als der der Sonne). Der Mond selbst ist nur negativ sichtbar, denn er wendet uns seine unerleuchtete Seite zu: allein die Contour seines Randes ist mit einer Schärfe und Deutlichkeit wahrnehmbar, wie sie bei keiner andern Gelegenheit gesehen wird. Die Berge und Einsenkungen des Randes sind schon in sehr mässig vergrössernden Fernröhren deutlich sichtbar.

Wo die Sonnenfinsterniss wirklich total erscheint, entsteht eine ganz eigenthümliche, weder Nacht noch Dämmerung zu nennende Dunkelheit. Der Himmel erscheint grünlich grau und man erblickt einige der helleren Sterne; die schwarze Mondscheibe ist von einem lebhaft glänzenden, heftig wallenden, silberweissen breiten Ringe umgeben, von welchem sich gelbliche Strahlen verbreiten. Spuren dieses merkwür-

digen, noch nicht genügend erklärten Ringes hat man auch schon bei solchen Sonnenfinsternissen gesehen, die nur beinahe total waren. Auf sehr freien Ebenen, die eine meilenweite Umsicht gewähren, kann man den Schatten des Mondes deutlich herankommen und über die Erdfläche hinjagen sehen; man kann, rings von tiefem Dunkel umhüllt, entfernte Städte, Berge und andere Gegenstände im hellsten Sonnenlichte erblicken.

Der Eindruck dieser so seltenen Begebenheit auf die Thierwelt ist höchst eigenthümlich. Die Vorempfindung, wodurch die Thiere bei den Witterungsveränderungen, wie bei denen der Tages- und Jahreszeit, stets so sicher geleitet werden, ist ihnen für dieses Phänomen vom Schöpfer versagt worden. Sie gerathen in die höchste Angst und Verwirrung: Vögel fliegen wie gescheucht umher, ja fallen plötzlich aus der Luft herab; Hunde erheben ein fürchterliches Geheul; Pferde und andere Thiere drängen sich fest aneinander, oder werden wild und fliehen. Reiter mögen ja absitzen und Wagenfahrende aussteigen, wenn sie nicht die grösste Gefahr laufen wollen. — Man denke sich zu allen diesen angstvollen Scenen noch ein abergläubiges Volk, das sich händeringend und in stummer Verzweiflung auf die Kniee wirft, oder laut heulend umherläuft und, wenn es ja noch einige Besinnung behält, die Brunnen zudeckt, damit das vom Himmel fallende Gift sie nicht verderbe — und man hat ein Bild dieser Begebenheit, wie es frühere Zeiten allgemein, und die jetzigen noch auf einem grossen Theile der Erde darbieten.

Nimmt man noch hinzu, dass totale Sonnenfinsternisse für einen gegebenen Erdort im Durchschnitt erst nach 150 bis 200 Jahren wiederkehren, dass vielleicht die grössere Hälfte durch trübe oder neblige Witterung vereitelt wird und dass die ganze Erscheinung höchstens 4 bis 5 Minuten währt, so wird man es begreiflich finden, dass wir noch so wenig Beobachtungen von wahrem wissenschaftlichen Werthe über sie besitzen. Auch kann der, welcher den Moment des Anfangs und Endes astronomisch beobachtet, nicht wohl den Vergang in physischer Beziehung genau verfolgen: es müssen sich Mehrere, gut vorbereitet, in die Arbeit theilen und sich unbefangen diesem Theile hingeben, ohne Fremdartiges in's Auge zu fassen.

Eine der lehrreichsten Finsternisse in physischer Beziehung war die vom 8. Juli 1842. Die Linie der totalen Ver-

finsterung durchschnitt Europa seiner grössten Länge nach und traf Südfrankreich, Norditalien, Süddeutschland u. s. w. Berlin wird erst am 19. August 1887 eine totale Sonnenfinsterniss sehen. Paris erblickt im ganzen 19ten Jahrhundert keine derselben.

Als ich mich am 28. Juli 1851 zur Beobachtung der totalen Sonnenfinsterniss nach Brest - Litowsk begeben hatte, war mein besonderes Augenmerk auf die Thier- und Pflanzenwelt gerichtet, da der völlig trübe, regnerische Himmel jede eigentlich astronomische Beobachtung vereitelte. Fast alle Thiere, nur die Pferde nicht, zeigten während der totalen Finsterniss und meistens schon 1/4 Stunde vor derselben, eine merkliche Unruhe. Gänse und Enten fielen in festen Schlaf; Hühner suchten gleichfalls in grosser Eile ihre Schlafstellen; kleinere Vögel warfen sich zur Erde und ermunterten sich erst beim Wiederanbrechen des Tageslichts; die Auerochsen des Bialowiczer Waldes (die einzigen auf der Erde noch übrigen) wurden unruhig, verbargen sich schnell im Dickicht und stiessen ein ihnen eigenthümliches Geschrei aus, was sie sonst nur sehr selten hören lassen. Einige Pflanzen (wie Mimosa pudica, Acacia lophanta, Convolvulus) falteten ihre Blätter und Blumen; Bellis perennis senkte sich mit umgebogenem Stiele zur Erde und erhob sich schnell wieder, als es hell ward; mehrere andre sonst in der Nacht geschlossene Blumen blieben geöffnet.

Der lähmende Schreck, welcher die Thierwelt ergreift, kann also nicht vom Anblick des Phänomens herrühren, denn dieser ging hier völlig verloren.

§. 106.

Die ringförmigen Sonnenfinsternisse entstehen, wenn der scheinbare Mondhalbmesser kleiner als der der Sonne ist, an denjenigen Orten, die von der verlängert gedachten Axe des Mondschattens getroffen werden, und in ihrer nächsten Umgebung. Die Erscheinungen bei einer solchen sind in manchen Beziehungen denen ähnlich, die man bei totalen bemerkt. Beim Vorrücken des Mondes auf der Sonnenscheibe zieht sich letztere immer mehr zur Sichel zusammen, die aber mehr als den Halbkreis umfasst und deren feine Spitzen sich gegen einander neigen. Die Sichel wird schmaler, die

Spitzen rücken immer näher und springen zuletzt plötzlich zusammen. Da der Mondrand Berge und Thäler zeigt, so werden häufig in der Lücke zwischen beiden Spitzen, unmittelbar vor dem Zusammenspringen, isolirte Lichtpunkte bemerkt, die sodann rasch zusammenfliessen; und im Dämpfglase bemerkt man Spuren des rothen Ringes in dieser Lücke, so dass die Spitzen wie durch eine Brücke von mattem Lichte verbunden erscheinen. *Bessel* sah in dieser Lichtbrücke die Berge des Mondrandes vollkommen deutlich. Nach einigen Minuten zerspringt der Ring auf der gegenüberliegenden Seite, und die erwähnten Erscheinungen wiederholen sich in umgekehrter Ordnung. In dem Punkte, der von der verlängerten Schattenaxe getroffen wird, ist der Ring völlig concentrisch, also rings herum gleich breit, und die Dauer der Erscheinung ist die möglichst längste.

Das magische Dunkel, was sich bei totalen Sonnenfinsternissen zeigt, wiederholt sich bei ringförmigen, aber in weit geringerem Grade; nur selten werden Sterne sichtbar (Venus etwa ausgenommen). Ist der Himmel bewölkt, so zeigen sich gewöhnlich Spuren einer grünlichen Farbe. Die Schatten der Gegenstände zeichnen sich weit schärfer als sonst, wiewohl der Contrast zwischen Schatten und Licht stark vermindert erscheint. Ein Wind, in der Richtung streichend, welche die Sonnenfinsterniss auf der Erdfläche nimmt, erhebt sich meist schon einige Zeit vor der Bildung des Ringes. Brenngläser verlieren ihre Kraft; ein Thermometer, den Sonnenstrahlen ausgesetzt, sinkt beträchtlich, weniger oder gar nicht das im Schatten hängende. Es wäre interessant, Untersuchungen mit Prismen und ähnlichen optischen Vorrichtungen während der — freilich sehr kurzen — Dauer der ringförmigen Finsterniss zu machen; bis jetzt sind noch keine derselben bekannt geworden.

Ringförmige Sonnenfinsternisse sind im Ganzen fast eben so selten als totale. Die Finsterniss vom 15. Mai 1836 war es für einen bedeutenden Theil der deutschen Nordküsten, die vom 9. October 1847 ist es für Paris, Mannheim und München gewesen. Berlin sieht im Laufe des 19ten Jahrhunderts keine ringförmige Sonnenfinsterniss.

§. 107.

Jede totale oder ringförmige Sonnenfinsterniss beginnt und schliesst mit einer partialen; und in den Nachbarregionen

nördlich und südlich der Linie, welche die Schattenaxe auf der Erde beschreibt, ist die Finsterniss nur partial. Auch kann, wie schon bemerkt, die Schattenaxe ganz an der Erde vorüberstreichen, alsdann ist die Finsterniss ausschliesslich partial und trifft nur die höheren nördlichen oder südlichen Breiten auf der Erdkugel. Partiale Finsternisse sind nicht so selten; durchschnittlich ereignet sich alle 3 Jahre eine solche für einen gegebenen Erdort; sie sind aber in der Regel nicht von besonderen Phänomenen begleitet. Nur wenn sie mehr als ³/₄ der Sonnenscheibe verfinstern, bemerkt man eine Abnahme der Tageshelle, eine grössere Schärfe der Schatten und einen leichten Finsternisswind; auch kann man, wenn die Finsterniss zu einer Jahreszeit eintritt, wo die Bäume mässig dicht belaubt sind, die Form der theilweis verfinsterten Sonne in den Lücken der Baumschatten wahrnehmen.

Anfang und Ende einer Finsterniss sind nur schwer genau zu beobachten, denn der Einschnitt in den Sonnenrand, den der Mond bewirkt, ist äusserst flach und man bemerkt ihn gewöhnlich erst, wenn die beiden Spitzen schon beträchtlich weit von einander entfernt sind. Man hat deshalb häufig diese Momente indirekt beobachtet, indem man die Abstände der Hörnerspitzen wiederholt maass und hieraus Anfang und Ende durch Rechnung ableitete. Aber es scheint, dass überhaupt Sonnenfinsternisse kein so scharfes Resultat für Längenbestimmungen geben; wenigstens haben Sternbedeckungen, die überdies viel häufiger eintreten, sich bisher im Ganzen besser bewährt.

§. 108.

Mondfinsternisse können uns im Allgemeinen nur sichtbar werden, wenn der volle Erdschatten wenigstens einen Theil des Mondes trifft. Zwar haben genaue Beobachter Spuren des Halbschattens wahrgenommen, indem er wie ein leichter Rauch die Mondlandschaften überzieht und die grauen Flächen in einem tieferen Dunkel erscheinen lässt, allein mit blossen Augen würde davon schwerlich Etwas wahrzunehmen sein. Es werden daher auch nur die durch den vollen Schatten bewirkten Finsternisse als wirkliche Mondfinsternisse gerechnet und in den Ephemeriden vorausbestimmt. Sie sind total, wenn der ganze Mond, partial, wenn nur ein Theil desselben vom Schatten der Erde getroffen wird; ringförmige kann es nie geben, da der Schatten stets beträchtlich grösser als die Mondfläche ist. Sie können gegen 4 Stunden währen,

und alsdann fallen etwa 2 Stunden auf die totale, die erste und letzte Stunde auf die partiale Finsterniss.

Der Erdschatten zeigt sich auf dem Monde stets deutlich kreisförmig und man nahm schon sehr früh hiervon Veranlassung, auf die Kugelform der Erde zu schliessen. Allein eine scharfe Begrenzung, wie Sonnenfinsternisse sie darbieten, vermisst man: der Anfang und das Ende können für den Beobachter auf eine oder einige Minuten ungewiss bleiben und eben so die Ein- und Austritte der einzelnen Mondflecke. Zuweilen treten günstigere Umstände ein: so vermochte ich am 26. December 1833 bei einer totalen Mondfinsterniss die Eintritte bis auf 10″ etwa zu bestimmen, wenigstens bei denjenigen Flecken, welche nahezu durch die Mitte des Schattens gingen. Der Schatten zeigt sich anfangs von grauer Farbe, und die Flecken des Mondes, hellere wie dunklere, verschwinden. Gleichwohl ist in diesem Grau ein röthlicher Schimmer nicht zu verkennen, zumal wenn man im Fernrohre den noch erleuchteten Theil des Mondes aus dem Gesichtsfelde entfernt. Je mehr der Schatten auf dem Monde Raum gewinnt, desto mehr geht dieses Grau in Roth über, und die anfangs verschwundenen Flecke fangen an wieder sichtbar zu werden. Wenn die totale Finsterniss herannaht, so zeigt sich schon überall Roth, nur nach der Seite des letzten Lichtes zu bemerkt man ein Graublau.

Ist endlich der letzte Strahl der Sonne verschwunden, so nimmt das Roth die ganze Mondscheibe ein: alle Flecke, auch die kleinsten, zeigen sich in zarter, gleichsam rosenfarbener Beleuchtung; nur um das Centrum des Schattens herum lagert sich dunkele Nacht (der sogenannte Kernschatten), in der man grosse Mühe hat, noch Einiges zu erkennen. Zuweilen trifft dieser Kernschatten den Mond gar nicht, und dann zeigen sich nur diejenigen Theile, die nach der Seite des Schattencentrums hin liegen, etwas trüber als die andern. Weitere Veränderungen werden während der totalen Finsterniss nicht bemerkt.

Bricht endlich an der Ostseite der erste Sonnenstrahl wieder hervor (ein herrlicher Anblick!), so zeigen sich die vorhin beschriebenen Phänomene in umgekehrter Ordnung. Bei totalen Mondfinsternissen kommen gewöhnlich die gerade an der Ostseite liegenden Spitzen des hohen Randgebirges d'Alembert zuerst an die Reihe. Ein zartes blaues Licht zeigt sich auf diesen Hochgipfeln und verbreitet sich von ihnen in die umliegenden Thäler: man ist geneigt, es schon für direktes Sonnenlicht zu halten und das Ende der totalen Finsterniss zu

notiren, überzeugt sich aber 2 bis 3 Minuten später, dass man sich getäuscht habe.

Den hier beschriebenen Verlauf kann man als den normalen betrachten, wie er bei günstigem Luftzustande sowohl derjenigen Gegenden, wo man die Beobachtung macht, als auch derer, über welche zu gleicher Zeit die Sonne auf- oder untergeht, und durch deren Atmosphäre das Sonnenlicht seinen Weg in den verfinsterten Mond findet, stets wahrgenommen wird. Allein vergleichen wir die verschiedenen Berichte der Beobachter, so kann man nicht verkennen, dass hier die besonderen Umstände einen grossen Einfluss auf die Erscheinung ausüben. Zuweilen (wie 1816 im Juni) ist der verfinsterte Mond ganz verschwunden; ein anderes Mal sind schwache Spuren desselben von Zeit zu Zeit sichtbar gewesen. Das Roth selbst ist zuweilen das trübste Kupferroth oder ein schmutziges Grauroth, während es zu andern Zeiten als das vortrefflichste Rosenroth oder das glühendste Hochroth sich darstellt. Diese Variationen erklären sich am natürlichsten dadurch, dass der Luftzustand der Erdgegenden, an welchen die Sonnenstrahlen Tangenten bilden, sehr verschieden sein kann. Ist diese rings um die Erde gehende Auf- oder Untergangszone ganz oder dem grössten Theile nach heiter, so wird der normale Verlauf bemerkt werden; ist sie mit Gewölk angefüllt, so wird das Roth eine trübere Färbung annehmen; ist sie völlig bedeckt, so kann es sich ereignen, dass auch das gebrochene Sonnenlicht den Mond nicht erreicht.

Am schwierigsten erscheint der Umstand, dass bald nach dem Eintritt der Beschattung die Flecken des Mondes verschwinden, und hernach, bei tieferer Dunkelheit, in weiter vorgerückter Finsterniss wieder sichtbar werden, um bald vor Ende der Sonnenfinsterniss wieder zu verschwinden und erst im vollen Sonnenlichte des Vollmondes wieder zu erscheinen. Einige Beobachter (z. B. *Hahn*) haben angenommen, dass auf dem Monde, nach Eintritt der Sonnenfinsterniss, eigenthümliche Phosphorescenz entstehe, und dass sie das rothe Licht bewirke. Allein was könnte wohl Veranlassung sein, dass die Phosphorescenz früher wieder aufhört, bevor der Sonnenstrahl hereinbricht? anderer Schwierigkeiten nicht zu gedenken. Es scheint, dass der glänzende Ring, den wir bei totalen Sonnenfinsternissen sehen, uns hier zur Erklärung helfen könne. Sein Ursprung sei, welcher er wolle, so wird man doch als höchst wahrscheinlich annehmen können, dass er sich auch den Seleniten zeige, wenn die Erde ihnen die Sonne verdeckt. Auch bei uns be-

darf er einige Zeit, ehe er sich als Ring bildet, wiewohl man früher Spuren desselben wahrnimmt. Man denke sich, dass die Erde die Sonne so eben ganz bedeckt habe, so wird man von diesem Augenblick an doch nur das gebrochene Licht wahrnehmen. Dies ist da, wo der letzte Punkt der Sonne verschwand, am stärksten, zu beiden Seiten schwächer, und gegenüber fehlt es ganz; es entsteht also ein Ring von sehr ungleicher Breite, Intensität und Farbe. Diese so ungleich vertheilten Regenbogenfarben bringen ein verworrenes graues Dämmerlicht hervor, etwa wie ein mechanisches Gemenge der betreffenden Pigmente es erzeugen würde, und in diesem Dämmerlichte zerfliessen die Bilder der Gegenstände in eine formlose Masse, daher das Verschwinden der Flecke. Je weiter nun aber die Erde vorrückt, je weniger Licht an der breitesten Stelle durchdringen kann, desto gleichförmiger und gleichfarbiger muss der Ring selbst werden; und da unter den Brechungsfarben Roth die stärkste und am längsten wahrnehmbare ist — man denke an unsere Morgen- und Abendröthen — so überwiegt es je länger desto mehr, bis es endlich nur allein noch wahrgenommen wird. In dem Maasse, wie dies erfolgt, tritt an die Stelle des grauen verworrenen Zwielichtes ein zwar weit schwächeres, aber gleichförmiges rothes Licht, und in diesem fängt man die Gegenstände wieder zu unterscheiden an. Die Flecke erscheinen also wieder und bleiben sichtbar, bis etwa gegen die Mitte der Finsterniss hin die Erdscheibe nach allen Seiten so weit übergreift, dass auch die letzten rothen Strahlen verschwinden und nächtliche Schatten die Mondlandschaften bedecken. In ähnlicher Weise sehen wir in einer Mondnacht, obgleich das Licht der Quantität nach beträchtlich geringer als das der Abenddämmerung ist, dennoch Hell und Dunkel weit bestimmter gesondert, als nach Sonnenuntergang, und wie im Sonnenschein selbst unterscheiden sich Licht und Schatten, während selbst das hellste Zwielicht uns ein Verschwimmen der Formen und Farben darbietet. Die Brechung in der Erdatmosphäre, wiewohl sie ohne Zweifel den wesentlichsten Antheil an dem erwähnten Phänomen hat, scheint demnach allein zur Erklärung nicht auszureichen, besonders wenn man bedenkt, dass auch wir bei Sonnenfinsternissen um den verdeckenden Mond einen ähnlichen und zwar äusserst lebhaft glänzenden Ring bemerken, während die gewichtigsten Gründe gegen das Vorhandensein einer Mondatmosphäre von merklicher Dichte sprechen. Die einfachste Annahme, welche beiden Erscheinungen Genüge leistet, ist die einer um die Sonne nach allen Seiten hin sich erstreckenden Lichthülle,

die im gewöhnlichen Zustande durch den lebhaften Glanz der eigentlichen inneren Photosphäre verdunkelt und unserm Anblick entzogen wird, aber hervortritt, sobald letztere verdeckt ist, was nur bei totalen Finsternissen geschehen kann.

Bei den in Dorpat am grossen Refraktor beobachteten Mondfinsternissen habe ich übrigens wahrgenommen, dass die Flecke des Mondes auch kurz nach der Beschattung sämmtlich sichtbar bleiben, wiewohl sie nur schwach und zum Theil schwierig wahrzunehmen sind und später augenfälliger hervortreten.

§. 109.

Es liegt nun nahe, die Frage aufzustellen, welche Finsternisse für den Mond (d. h. für seine diesseitige Hälfte) stattfinden? Die gewöhnliche Antwort: eine Sonnenfinsterniss, wenn wir eine Mondfinsterniss sehen, und eine Erdfinsterniss, wenn wir Sonnenfinsterniss haben, ist nicht streng richtig. Erdfinsternisse sieht der Mond so gut als gar keine. Der Halbschatten veranlasst keine so bedeutende Dunkelheit, dass sie vom Monde aus wahrgenommen werden könnte, und der volle Schatten, der in totalen Sonnenfinsternissen sich auf der Erdscheibe projicirt, ist von viel zu geringem Umfange, um bei einer oberflächlichen Ansicht bemerkt zu werden: ein matter, verwaschener, unscheinbarer, gegen das Ganze der Erdscheibe verschwindender Fleck. Sonnenfinsternisse sieht dagegen der Mond weit mehr, als wir Mondfinsternisse haben: denn in allen Fällen, wo auch nur der Halbschatten der Erde irgend einen Theil des Mondes trifft, findet eine Sonnenfinsterniss statt. Man muss das Verhältniss, wie folgt, ausdrücken.

1) Wenn wir eine totale Mondfinsterniss haben, so hat die ganze diesseitige Mondhalbkugel eine totale Sonnenfinsterniss von mehreren Stunden Dauer.

2) Wenn wir eine partiale Mondfinsterniss haben, so haben die beschatteten Theile des Mondes eine totale, die übrigen eine partiale Sonnenfinsterniss.

3) Blos partiale Sonnenfinsternisse für die ganze oder einen Theil der Mondhalbkugel ereignen sich häufig, wenn sich gar nichts Besonderes für uns am Monde darbietet.

4) Erdfinsternisse sind selten und für den Anblick vom Monde aus sehr unbedeutende Phänomene, die dem Auge eines Erdbewohners nur mit Mühe wahrnehmbar wären. Sie ereignen sich nur, wenn irgend eine Erdgegend eine totale Sonnenfinsterniss erblickt.

§. 110.

Die Vorausberechnung dieser Erscheinungen — eben so wie ihre Rückwärtsberechnung, zu welcher letzteren die historischen Forschungen häufig Veranlassung geben — setzt eine genaue Kenntniss des Laufes der Erde und des Mondes voraus. Sind aus den Elementen dieser Bahnen die Sonnen- und Mondsörter für so viel Zeitpunkte berechnet, dass man aus ihnen durch Zwischenberechnung (Interpolation) auf bequeme und einfache Weise den Ort für jede verlangte Zeit ableiten kann, so wird es darauf ankommen, die Zeitpunkte zu suchen, wo beide Himmelskörper ganz oder nahezu entweder einander gegenüber stehen (für Mondfinsternisse), oder denselben Ort am Himmel einnehmen (Sonnenfinsterniss). Ein völlig genaues (centrales) Zusammentreffen würde erfordern:

Für Mondfinsternisse: das Zusammenfallen des Vollmondes mit einem der beiden Mondknoten;

Für Sonnenfinsternisse: das Zusammenfallen des Neumondes mit einem der beiden Mondknoten.

Indess haben die hier in Betracht kommenden Körper so beträchtlich scheinbare Durchmesser, dass ein ziemlich weiter Spielraum zu beiden Seiten der Mondknoten übrig bleibt, innerhalb deren der Voll- und Neumond noch Finsternisse bewirken können. Es bezeichne

r den Mondhalbmesser,
p die Mondparallaxe,
ϱ den Sonnenhalbmesser,
π die Sonnenparallaxe,

so ist der Halbmesser des Erdschattens an der Stelle, wo der Mond hindurchgeht, annähernd gegeben durch

$$p + \pi - \varrho.$$

Soll nun eine totale Mondfinsterniss erfolgen, so muss

zur Zeit des Vollmondes die nördliche oder südliche Breite des Mondes kleiner sein als die Grösse

$$p + \pi - \varrho - r,$$

und für eine partiale Mondfinsterniss genügt es, wenn die Breite kleiner ist als

$$p + \pi + r - \varrho.$$

Damit für irgend einen Ort auf der Erde eine totale oder ringförmige Sonnenfinsterniss entstehe, muss die Mondbreite zur Zeit des Neumondes geringer sein als

$$r + p - \varrho - \pi,$$

und zwar wird sie total, wenn $\varrho < r$, ringförmig aber, wenn $r < \varrho$.

Für eine blos partiale Sonnenfinsterniss genügt es, wenn die Breite geringer ist als

$$r + p + \varrho - \pi.$$

Um dagegen zu beurtheilen, ob für einen bestimmten Erdort eine Sonnenfinsterniss stattfinden werde, muss man die Oerter des Mondes und der Sonne parallaktisch verändern: und alsdann müssen sie zu irgend einer Zeit (die aber nur wenig vom Neumonde verschieden sein kann) einen geringeren Abstand als $r' + \varrho'$ haben, wenn eine partiale, und einen geringeren als $r' - \varrho'$, wenn eine totale oder ringförmige Sonnenfinsterniss für denjenigen Ort eintreten soll, für welchen die berechneten parallaktischen Oerter gelten.

Die Werthe r, ϱ, p, π sind zwar sämmtlich veränderlich, indess entfernen sie sich von ihren mittleren Werthen: 931",7; 960",6; 3421",5; 8",965, nicht so sehr, dass man nicht dieser Mittel sich bedienen könnte, um eine Uebersicht des häufigern oder seltenern Vorkommens der Finsternisse zu gewinnen. Es ergiebt sich, dass

> für die Erde, im Ganzen genommen, Sonnenfinsternisse häufiger als Mondfinsternisse, dagegen totale Mondfinsternisse häufiger als totale Sonnenfinsternisse;
>
> für einen einzelnen bestimmten Erdort aber Sonnenfinsternisse, partiale wie totale, seltener als Mondfinsternisse vorkommen.

Unsichtbar für einen bestimmten Ort heisst eine Finsterniss nicht blos dann, wenn sie sich unter dem Horizont desselben ereignet, sondern auch, wenn sie über demselben, allein nur für andere Erdorte, stattfindet. Die letztere Beschränkung kann indess nur bei Sonnenfinsternissen eintreten.

Da die Breite des Mondes von seinem Knotenabstande

abhängig ist, so kann man auf Grund der vorstehend angeführten Formeln bestimmen, wie weit der Mond von seinem Knoten in der Opposition oder Conjunction noch abstehen könne, um eine Finsterniss möglich zu machen. Man nennt diese Entfernungen die Finsternissgrenzen, und der Vorausberechner hat zunächst zu untersuchen, ob ein Voll- oder Neumond innerhalb dieser Grenzen falle, da er sonst eine vergebliche Rechnung machen würde. Da die Neigung der Mondbahn sowohl als die Radien und Parallaxen des Mondes und der Sonne veränderlich sind, so sind diese Grenzen zwiefache, nämlich nothwendige und mögliche. Innerhalb der erstern muss die Finsterniss unter allen Umständen eintreten, innerhalb der letzteren kann sie es, wenn die Umstände günstig sind. Die Rechnung ergiebt Folgendes:

	Nothw. Grenze.	Mögl. Grenze.
Totale Sonnenfinsterniss	7° 46′	13° 19′
Partiale Sonnenfinsterniss . . .	13 33	19 44
Totale Mondfinsterniss	3 30	7 19
Partiale Mondfinsterniss	7 47	13 21.

Eine regelmässige Wiederkehr der Finsternisse nach Ablauf eines bestimmten Zeitraums findet nicht statt, und jede einzelne muss besonders berechnet werden, eine Sonnenfinsterniss noch überdies für jeden Erdort, wo sie beobachtet werden soll. Beiläufig indess kann man annehmen, dass nach 19 Jahren die Finsternisse in ähnlicher Ordnung wiederkehren: doch auch so lässt sich nur über ihr Stattfinden im Allgemeinen ein vorläufiges Urtheil fällen; die Sichtbarkeit oder Unsichtbarkeit für einen bestimmten Ort kann aber ganz und gar nicht auf diese Weise geschlossen werden.

Die Stelle der Berechnung kann auch eine Zeichnung vertreten, die für Mondfinsternisse ziemlich einfach, für Sonnenfinsternisse dagegen verwickelter ist. Die von *Lambert* zu diesem Zwecke gegebenen Constructionen sind die brauchbarsten.

Um die Grösse der Finsterniss nach einer festen Scala zu bestimmen, theilt man den Durchmesser des Mondes oder der Sonne, gleichviel welche scheinbare Grösse sie haben, in 12 gleiche Theile, Zolle genannt, und giebt an, um wieviel dieser Zolle die betreffenden Ränder zur Zeit der Mitte der Finsterniss übergreifen. Bei 6 Zoll also würde der Rand des Mondes gerade den Mittelpunkt der Sonne erreichen, oder der Erdschatten die Mondmitte berühren.

§. 111.

Der Mond bewirkt auch Bedeckungen der Planeten und Fixsterne, auch wohl eines Kometen, innerhalb der

durch seine Neigung gegen die Erdbahn gesteckten Grenzen. Fixsternbedeckungen sind zwar im Allgemeinen sehr häufig, allein da teleskopische Sterne den Glanz des Mondes, besonders wenn sie am hellern Rande ein- und austreten, nicht wohl ertragen, so werden gewöhnlich nur die Sterne der sechs ersten Grössen in dieser Beziehung untersucht und vorausberechnet. Jährlich ereignen sich für einen bestimmten Erdort etwa 120 solcher Bedeckungen. Besonders scharf lassen sich Eintritte am dunklen Rande beobachten. Das Verschwinden und Wiedererscheinen der Sterne erfolgt plötzlich, wenigstens ist dies die allgemeine Regel; wenn einige Astronomen ausnahmsweise das Gegentheil beobachtet haben, so können leicht atmosphärische Veränderungen die Ursach gewesen sein. Auch Farben und Glanz der bedeckten Sterne und Planeten bleiben in der Regel unverändert. Ein besonders interessantes Schauspiel gewährt die Bedeckung der Plejaden, des Jupitersystems und des Saturn mit seinen Ringen. — Fernröhre von mässiger Dimension, die aber scharf begrenzte Bilder zeigen, sind zu diesen Beobachtungen am besten.

Von den Sternen erster Grösse können 4: *α* Tauri, *α* Leonis, *α* Virginis und *α* Scorpii vom Monde bedeckt werden. Unter diesen ist *α* Tauri der hellste, und man kann seine Bedeckung selbst bei Tage im Fernrohr noch bequem wahrnehmen.

Während einer totalen Mondfinsterniss (im Falle nämlich der Mond nicht ganz verschwindet) sind Sternbedeckungen am bequemsten und schärfsten zu beobachten, da alsdann das Licht der Sterne durch den nahen Mond nicht geschwächt ist.

Der praktische Gebrauch dieser Beobachtungen zur Bestimmung des Längenunterschiedes entlegener Oerter ist Veranlassung geworden, dass man auf den bessern und ausreichend besetzten Sternwarten möglichst viele, besonders vorausberechnete, Sternbedeckungen beobachtet. Die Astronomie kennt im Allgemeinen noch kein Mittel, welches die Anwendung der Sternbedeckungen für Längenbestimmung entbehrlich machte, geschweige denn sie an Genauigkeit überträfe, und erst die telegraphische Verbindung unter den Oceanen hinweg, falls sie ausführbar ist, wird ein solches darbieten.

§. 112.

Betrachtet man den Mond zu einer Zeit, wo nur ein kleiner Theil desselben von der Sonne erleuchtet ist, und wählt die möglichst dunkelste Abend- oder Morgenstunde, so

erblickt man die ganze übrige Mondscheibe deutlich gegen den dunkeln Himmel begrenzt, aber nur von einem matten, aschgrauen Lichte erleuchtet. In tropischen Gegenden, wo die Himmelskörper beim Auf- und Untergange ganz oder doch nahezu Vertikalkreise beschreiben, wenn sie nicht sehr grosse Declinationen haben, kann man das Phänomen am schönsten wahrnehmen. In unsern nördlichen Breiten zeigt es sich in den Frühlingsabenden bei zunehmendem, und in den Herbstmorgen bei abnehmendem Monde vortheilhafter als zu andern Jahreszeiten und Nachtstunden, was daher rührt, dass alsdann Sonne und Mond in ihrer täglichen Bewegung sich der Vertikalrichtung am meisten nähern, die Mondsichel also von tieferem Dunkel umgeben ist. Das Fernrohr unterscheidet in diesem matten Lichte die grösseren Flecke des Mondes, besonders mehrere sonst hellglänzende Punkte, ziemlich deutlich, und man kann in starken Ferngläsern diesen grauen Schimmer noch wahrnehmen, wenn der Mond schon etwas über halb erleuchtet ist.

Die Erklärung dieses Phänomens ist einfach und leicht. Erinnern wir uns, dass die Lichtgestalten der Erde und des Mondes, wenn man jeden dieser Körper vom andern aus betrachtet, einander ergänzen. Je weniger also der Mond für die Erde erleuchtet erscheint, desto mehr die Erde für den Mond. Die Erde bescheint den Mond aber 13½ mal stärker, als der Mond seinerseits sie erleuchtet, und dieser Schein ist hell genug, um durch abermalige Reflexion von uns wahrgenommen zu werden. Solch eine reiche Lichtquelle ist unser Centralkörper, dass noch der Wiederschein eines Wiederscheins, wiewohl letzterer (wie die Rechnung darthut) schon viele Millionenmal geschwächt ist, deutlich wahrgenommen werden kann!

Man bemerkt in diesem Reflex noch andere Variationen, die nicht vom Grade der Nachtdunkelheit oder Lichtphase des Mondes allein abzuhängen, sondern einer anderen Erklärung zu bedürfen scheinen. Das Erdenlicht im Monde erscheint (nach europäischen Beobachtungen) lebhafter im Herbste Morgens, als unter ganz ähnlichen Umständen im Frühlinge Abends. Im erstereren Falle stehen dem Monde die Landschaften Asiens und des östlichen Afrika, im letzteren hingegen der atlantische Ocean und einzelne Theile Amerika's gegenüber, und aus der Naturbeschaffenheit dieser Gegenden ist leicht ersichtlich, dass die ersteren das Sonnenlicht stärker als die letzteren reflektiren. Diese Wahrnehmung und ihre Erklärung verdanken wir *Schröter* in Lilienthal.

Erregt das Mondlicht auch Wärme? Man hat diese Frage verneint, und in so fern gewiss mit Recht, als eine Erhöhung der Temperatur, die dem Gefühle oder auch selbst dem feinsten Thermometer bemerklich wäre, mit aller Gewissheit nicht vom Monde ausgeht. Allein absehend von der praktischen Bedeutung kann man die Frage so stellen: Kommt von den Mondstrahlen nicht irgend eine wärmeerregende Kraft — wenn auch millionenfach geringer als die von den Sonnenstrahlen herrührende? Und dies scheint nach *Melloni's* im Jahre 1846 angestellten Versuchen bejaht werden zu müssen. Mit Hülfe seines thermoskopischen Apparats und einer Linse von 3 Fuss Durchmesser, welche das Licht 10000mal verdichtete, so wie nach getroffener Abwehr aller und jeder Zugluft, Strahlung der Linse u. dgl., erhielt er ganz bestimmte Anzeigen, dass das Mondlicht Wärme errege. Noch bleibt zu bestimmen übrig, in welchem Verhältnisse zum Sonnenlicht, und wir dürfen hoffen, auch dahin zu gelangen.

§. 113.

Ein uns verhältnissmässig so nahe stehender und durch so vielfache Wechselbeziehungen mit der Erde eng verbundener Körper, wie der Mond, erregt natürlich das Verlangen, ihn nicht blos seiner kosmischen Stellung nach, sondern auch individuell kennen zu lernen. Während das unbewaffnete Auge in sämmtlichen übrigen Himmelskörpern nur strahlende Punkte, und in der Sonne eine monotone Scheibe erblickt, nimmt es im Monde hellere und dunklere Flecke wahr, welche die Idee einer landschaftlichen Mannigfaltigkeit erwecken und unwillkührlich zur Vergleichung mit unserer Erde auffordern. Tiefer indess vermag es nicht einzudringen, und es darf daher nicht Wunder nehmen, dass wir bei den Alten meistens nur verworrene, ja monströse Meinungen über die physische Beschaffenheit des Mondes antreffen. Erst das Fernrohr eines *Galiläi* vermochte uns näher in diese räthselhafte Welt einzuführen; und wenngleich die ersten Versuche *Galiläi's* selbst, so wie die eines *Scheiner*, *Schirläus*, *Hirschgarter* und *Langren*, die Mondscheibe abzuzeichnen, von keinem Gelingen gekrönt wurden, so brachte doch schon *Hevel* 1643 die erste — freilich noch sehr rohe — Mondkarte wirklich zu Stande, und bald folgte ihm *Grimaldi* mit einer ähnlichen, wiewohl weit unvollkommneren. Die erste Karte, nebst 40 Phasenzeichnungen, findet sich in *Hevel's* Selenographie, die zweite in *Riccioli's* Almagestus Novus. 40 Jahre später folgte *Dom. Cassini*, hierauf *Lahire* mit einer sehr grossen (11 Fuss Durchmesser), die aber

nur im Manuscript vorhanden ist; auch noch andere weniger bekannt gewordene Versuche fallen in diese Zeit: jedoch blieb *Hevel's* Mondkarte länger als 100 Jahre hindurch die beste. Erst *Tob. Mayer* in Göttingen gab uns eine kleine, aber höchst sorgfältig nach wirklichen Messungen gezeichnete (alle früheren waren nach dem Augenmaasse entworfen) — und diese blieb wieder die Hauptquelle bis auf die neuesten Zeiten hin. Denn weder *Lalande's* emendirte Cassinische, noch *Lambert's*, *Rost's*, *Hell's* und andere Mondkarte, die überdiess nur auf wenigen oder auch gar keinen eigenen Beobachtungen beruhten, können mit *Mayer's* Arbeit verglichen werden; selbst *Schröter's* mit dem ausharrendsten Fleisse, aber leider ohne festen Plan ausgeführte specielle Zeichnungen führten uns nur scheinbar weiter. So zahlreich sie sich in seinem selenotopographischen Fragmenten auch finden, so lässt sich doch nur wenig Gebrauch von ihnen machen, und *Schröter's* Arbeiten beweisen, dass man selbst bei dem reinsten und glühendstein Eifer für Naturwissenschaft, und ausgerüstet mit schönen und reichen Hülfsmitteln, dennoch den wahren Gesichtspunkt verfehlen und ein falsches Ziel im Auge haben könne! *Schröter* spürte den physischen Veränderungen auf der Mondfläche nach und bezog alle seine Wahrnehmungen einseitig nur auf diese; während jeder Unbefangene sich sagen muss, dass an ein Erkennen solcher Veränderungen, wenn überhaupt, doch jedenfalls erst dann gedacht werden darf, wenn die feste, bleibende Grundlage, so genau als unsere Mittel es irgend gestatten, erforscht, dargestellt und beschrieben ist. Und eine solche Darstellung gab er uns nicht allein durchaus nicht, sondern er erklärt ausdrücklich in seiner Vorrede, dass er sie für ganz unnöthig halte — weil ja jeder, der ein Fernrohr besitzt, sich den Mond ansehen könne!

Schröter hat gleichwohl der Wissenschaft manchen Dienst geleistet — allein wie viel mehr hätte er leisten können und bei seiner Beharrlichkeit und uneigennützigen Hingebung auch zu leisten verdient! Ehren wir sein Andenken, doch ahmen wir sein Beispiel nicht nach.

Wilhelm Gotthelf Lohrmann in Dresden ging mit Sachkenntniss und richtiger Einsicht an die schwierige Arbeit, die Mondfläche graphisch darzustellen: seine ersten 4 Blätter (etwa 1/9 des Areals der sichtbaren Mondhalbkugel darstellend) erschienen 1824 und übertrafen bei weitem alles Frühere durch höchst sorgfältige Detaillirung, schöne und nach richtigen Principien entworfene Zeichnung und Genauigkeit der Angaben. Leider haben äussere Hindernisse die Durchführung seines Planes ge-

hemmt, und eine 1838 erschienene Generalkarte des Mondes — höchst werthvoll und auch in artistischer Hinsicht ein Meisterstück — ist Alles, was von seinen spätern Arbeiten veröffentlicht ist; zwei Jahre später starb er plötzlich.

Das immer dringender werdende Bedürfniss einer dem jetzigen Zustande der Wissenschaft entsprechenden Mondkarte veranlasste den Verfasser dieses Werkes, im Verein mit einem eifrigen und kundigen Freunde der Astronomie, Herrn *W. Beer* in Berlin, eine Karte nach *Lohrmann's* Plane, aber gänzlich und ausschliesslich auf eigene Beobachtungen gegründet, anzufertigen. Sie ward Anfangs 1830 begonnen und erschien im October 1836 (Mappa selenographica, 4 Bl.; das Ganze 3 Fuss Durchmesser). Später erschien eine die Karte erläuternde und Alles, was sich aus den bisherigen Beobachtungen schliessen liess, darstellende Beschreibung des Mondes (der Mond nach seinen kosmischen und individuellen Verhältnissen, oder allgemeine vergleichende Selenographie, Berlin 1837), und bald darauf sowohl die Karte als das Werk in einem kleineren Auszuge. So ist das, was hier über die physische Beschaffenheit der Mondfläche folgen wird, dem wesentlichen Inhalte nach aus jenen Werken entnommen.

§. 114.

Der volle Mond zeigt uns beim ersten Anblick ein Gemisch von hellen und dunklen Flecken, und zwar, dem Anschein nach, ohne Symmetrie und Ordnung. Das Fernrohr zeigt uns noch mehrere Abstufungen und Farbentöne, vom blendendsten Weiss bis zum tiefsten Stahlgrau oder Grünlichgrau. In jedem Vollmonde wiederholt sich dieselbe Gestalt, und nur die Libration bewirkt Verschiebungen, die folglich rein optischer Natur sind. Die frühere, noch von *Kepler* und *Hevel* (doch bei letzterem schon zweifelhaft) ausgesprochene Meinung erblickte in den grauen Flecken Meere, in den helleren hingegen Landstrecken. Die erstere Vorstellung musste schwinden, da auf dem Monde kein Gegensatz des Oceanischen und Continentalen existirt. Nur einer des Starren und Weichen, des Festen und Lockeren mag angenommen werden, und solchergestalt die Verschiedenheit des Lichtreflexes blos von der verschiedenen Bodenformation abhängen. Bei genauerer Betrachtung im Fernrohr findet man die grauen Landschaften verhältnissmässig eben, die helleren gebirgig; doch sind Ausnahmen nicht selten. Es giebt sehr helle Ebenen und sehr dunkele Berglandschaften in mehreren Gegenden des

Mondes; und namentlich sind die starkglänzenden Punkte, die uns der Vollmond in so grosser Anzahl zeigt, nur in seltenen Fällen Erhöhungen, sondern in der Regel schroff absteigende Vertiefungen.

Es existirt nämlich auf der Mondoberfläche eine Fundamentalform der Gebirgsbildungen, die von den auf der Erde vorherrschenden gänzlich verschieden ist, und die sich am einfachsten charakterisiren lässt als ein kreisförmiger, rings herum geschlossener Wall, der eine concav geböschte Tiefe umschliesst. Man hat dieser Form da, wo sie sich am bestimmtesten ausprägt, in den mittelgrossen Kreisbildungen (etwa von 2 und 3 bis zu 10 Meilen Durchmesser), den Namen Ringgebirg gegeben; bei den grösseren, meist zusammengesetzteren Wällen dieser Art, die eine ebene Fläche umschliessen, hat man, auf letztere sich beziehend, die Benennung Wallebene gewählt; die kleineren und kleinsten Bildungen dieser Art, die übrigens, so weit es erkannt werden kann, an Regelmässigkeit und prägnanter Frische die grösseren übertreffen, werden als Crater und Gruben aufgeführt. Die letztere Benennung würde eigentlich nur denjenigen Tiefen zukommen, die keinen Wall haben, sondern ganz einfach Einsenkungen sind: es lässt sich schwer entscheiden, ob dies auf dem Monde irgendwo der Strenge nach vorkomme.

Man muss sich übrigens hüten, aus Benennungen — die allerdings immer dem Gegenstande möglichst angemessen sein sollen — auf eine grösssere Aehnlichkeit mit den gleichbenannten Formen unsers Erdkörpers zu schliessen. Wir haben zunächst nur das direkt Gesehene zu bezeichnen, und es ist der Deutlichkeit und Kürze angemessen, die Bezeichnungen von uns bekannten Gegenständen zu entlehnen: nie aber kann daraus, dass ein Beobachter diese oder jene Benennung gebraucht hat, schon allein der Beweis geführt werden, dass er eine innere, wesentliche Uebereinstimmung dabei im Auge gehabt habe. So spricht *Herschel*, der Vater, an einer Stelle von den mattglimmenden Punkten in des Mondes Nachtseite, die er, „da man doch einer bestimmten Bezeichnung bedürfe“, und gegen jede weitere Schlussfolge daraus sich ausdrücklich verwahrend, Vulkane nennt. Und sofort verkündet man der Welt, es seien brennende Vulkane im Monde entdeckt worden und citirt *Herschel* als Gewährsmann*). Wer je Beobachtungen

*) Es ist übrigens sehr leicht nachzuweisen, dass die von *Herschel* in der Nachtseite des Mondes gesehenen Punkte, die er mit verglim-

dieser Art selbst machte, oder auch nur die Originalberichte der Beobachter aufmerksam und vorurtheilsfrei durchlas, wird weit entfernt sein, so rasche Schlüsse zu wagen.

Die Ringgebirge sind seltener in den grauen oder überhaupt dunklen als in den helleren Theilen des Mondes, wiewohl einzelne Stellen der sogenannten Meere sie ebenfalls sehr häufig zeigen. Die grössten Gebilde dieser Art, wo eine sogenannte Wallebene von einem gewöhnlich sehr zusammengesetzten, oft in mehrfachen Reihen ziehenden Gebirge umgeben ist, sind im südlichen und namentlich im südwestlichen Theile des Mondes am häufigsten. Eine grosse Kette läuft aus den Gegenden der Mondmitte, von Hipparch und Ptolemäus aus, nach Süden, anfangs in zusammenhängender Reihe, jenseit des 36° aber in getrennten Gliedern. Zwei ähnliche Reihen ziehen, eine 60° östlich, die andere 60° westlich von der vorhin erwähnten. Alle drei Reihen beginnen in der Nähe des Aequators und enden in den mittleren Breiten der südlichen Halbkugel; ihr Streichen ist fast genau 12^h und ihre einzelnen Glieder sind an Grösse nicht sehr verschieden; diese Uebereinstimmung scheint nicht ganz zufällig zu sein; vielleicht hängt sie mit der ursprünglichen Schwankung der Mondkugel zusammen, denn wie sich auch immer die Mondoberfläche gebildet haben möge: es ist kaum zu zweifeln, dass diese grossen Wallebenen zu den frühesten Bildungen gehören.

Unverkennbar ist es nämlich, dass sie späteren Formen aller Art gewichen sind und ihnen Platz gemacht haben. Einige der alten Wallebenen sind durch diese neuen Gebilde bis zur Unkenntlichkeit entstellt, oder man findet sie nur unter besonderen Beleuchtungsverhältnissen als ein Ganzes heraus. Ein Beispiel dieser Art ist die schöne Landschaft Hipparch, in welcher, wenn die Sonne nur erst eine geringe Elevation hat, der gemeinsame Wall deutlich rings herum zu verfolgen ist und die späteren Gebilde nur wie untergeordnete Nebentheile erscheinen, wogegen bei höherem Sonnenstande sich Alles mehr und mehr aufzulösen und zu vereinzeln scheint.

---

mender Asche vergleicht, und deren Lichtstärke er der eines Sterns vierter Grösse im freien Auge gleich setzt, die Mondflecke Aristarch, Copernicus und Kepler waren, deren starke Reflexionsfähigkeit sie auch im Sonnenlichte vor den andern auszeichnet und die man unter günstigen Umständen fortwährend in des Mondes Nachtseite leuchten sieht. — An Vulkanen in dem Sinne, wie die Erde sie hat, ist auf dem Monde nicht zu denken.

so dass um den Vollmond herum Hipparch selbst zu einer Tabula rasa geworden ist, auf welcher sich mehrere grössere und kleinere Ringgebirge und isolirte Gipfel darstellen. Selbst in denen, die ihre Integrität noch am besten bewährt haben, wie Petavius und W. Humboldt, findet man in und am Walle herum kleinere Crater, Durchbrüche verschiedener Form und Grösse, besonders aber schmale, lange, furchenartig vertiefte Thalschluchten.

Selten oder nie ist die innere Fläche ganz eben. Zuweilen glaubt man allerdings eine spiegelglatte Fläche vor sich zu sehen oder höchstens gegen die Mitte hin einen isolirten Bergkegel wahrzunehmen; bei genauerer Betrachtung in möglichst schräger Beleuchtung aber überzeugt man sich, dass Hügelgruppen, breitere Landrücken, schmale aderartige Höhenzüge, craterartige Vertiefungen oder auch (freilich seltener) blasenartig aufgetriebene Stellen darin vorkommen, die oft eine höchst reizende landschaftliche Mannigfaltigkeit darbieten. Nur muss man die lichten Streifen, die oft in Menge durch solche Wallebenen, wie über alle anderen Mondgegenden hinziehen, nicht sofort für Erhöhungen halten: dies sind sie nur in den allerwenigsten Fällen, wie sehr auch der erste Anblick in hoher Beleuchtung dafür zu sprechen scheint. Dass *Hevel*, *Cassini* und fast alle früheren Selenographen, selbst noch *Schröter*, diese breiten weissen Streifen für Gebirgszüge hielten und so auf ihre Karten eintrugen, war ein weit schlimmerer Irrthum, als ihre zufälligen Verzeichnungen und Verwechselungen. Auf *Hevel's* Karten finden sich eine Menge solcher Gebirge: seine Montes Uscii, Coibarcani, Taurus, Antitaurus u. a. m. sind nichts als solche Streifen, und werden in schräger Beleuchtung, wenn die wirklichen Erhöhungen durch ihre Schatten sich unzweifelhaft als solche darthun, vergebens gesucht.

§. 115.

Zunächst auf diese Wallebenen folgen der Grösse nach die eigentlich sogenannten Ringgebirge, die im Allgemeinen dem Ideal eines Kreises näher stehen und in nicht wenigen Fällen (so weit unsere Beobachtung es entscheiden kann) ihm völlig entsprechen. Ihre Zahl ist ungemein gross. In einigen Mondgegenden stehen sie in so dichtem Gedränge zusammen, dass fast nichts Anderes mehr zwischen ihnen Platz hat und ihre Form — gleichsam nothgedrungen — der polygonalen sich nähert. Ueberhaupt aber ist der Fall, dass zwei sehr

nahe gleiche Gebilde dieser Art nahe zusammenstehen und sich mit ihren Aussenwällen berühren, überall auf der Mondfläche sehr häufig.

Meistens haben diese Ringgebirge rund herum nahe dieselbe Höhe. Trägt der Wall einzelne Gipfel, so sind diese selten sehr hoch. Häufig fällt der Wall, nach innen wie nach aussen, in Terrassen ab, oder Ausläufer verzweigen sich vom Walle aus nach verschiedenen Seiten.

Im Innern zeigt sich am häufigsten ein sogenannter Centralberg, oft nur wie eine schwache Narbe von sehr geringer Höhe, oft aber auch pikförmig, oder in den grösseren Ringflächen als kleines Massengebirge. Seltener ist der Fall, dass eine Hügelgruppe ohne deutlichen Zusammenhang die Stelle des Centralberges vertritt (Aristoteles giebt ein Beispiel), dagegen finden sich Reihen niedriger Hügel in mehreren Ringgebirgen. Der einfache Centralberg bezeichnet fast immer die Mitte und zugleich den tiefsten Punkt des concav geböschten und steil abstürzenden Innern. Nie erhebt er sich bis zur Höhe des Walles, meistens bleibt sein Gipfel weit unter der Hälfte desselben. Die höchsten Centralgebirge von 4—5000 Fuss Höhe kommen im Moretus, Tycho, Petavius und Theophilus vor, aber in diesen Gebilden erreicht der Wall 12 bis 16000 Fuss Höhe, vom tiefsten Punkte des Innern an gemessen. Selbst die von aussen angrenzende Ebene liegt meistens noch höher als die Gipfel der Centralberge.

Wiewohl die Entscheidung schwierig ist, so scheint es doch, als ob es auch Ringflächen ohne allen Centralberg gäbe, und diese haben dann fast immer eine dunkel-stahlgraue (auch wohl in's Bläuliche spielende) Farbe, sind (nach innen wenigstens) sehr kreissförmig und zwar von einem helleren Ringgebirge umgeben, das aber meistens in einer eben so hellen Umgebung liegt, weshalb, wenn die Schatten verschwinden, nur noch die graue Kreisfläche selbst erkennbar bleibt. Doch auch wo Centralberge stehen (wie im Campanus) ist die Farbe des Innern zuweilen mehr oder weniger dunkelgrau, meistens aber fast oder völlig eben so hell als der äussere Wall, ja in der südlichen Halbkugel sind die meisten mit ihrem Walle und der Umgebung desselben an Glanz und Farbe so sehr gleich, dass man im Vollmonde durchaus nichts mehr von ihnen unterscheidet, auch wenn man ihren Ort kennt. Dieser letzteren Metamorphose unterliegen häufig die grossartigsten, am tiefsten abstürzenden, am mannigfaltigsten gegliederten Ringgebirge und Wallebenen. Selbst in den grauen Flächen (den sogenannten Meeren) ist dies nicht selten der Fall, wiewohl in diesen Alles

leichter erkennbar ist, als in den helleren Gebirgslandschaften. Ueberhaupt ist der Anblick des vollen Mondes, wo man direkt gar nichts von Erhöhungen und Vertiefungen, sondern nur die verschiedenen Farben- und Lichttöne wahrnimmt, von dem in schräger Beleuchtung so durchaus verschieden, dass man sich nur schwer überredet, denselben Weltkörper vor sich zu haben. Es war ein durchaus vergebliches Unternehmen, den Mond so zu zeichnen, wie er erscheint, und doch eine in allen Phasen brauchbare Karte zu geben. Selbst mit der genauesten Vollmondskarte wird man sich in anderen Tagen des Mondalters, z. B. im ersten oder letzten Viertel, nur mit grosser Schwierigkeit in der nördlichen Halbkugel zurechtfinden, im grössten Theile der südlichen hingegen wird alle Mühe umsonst sein.

Die Zahl der Ringgebirge, wenn man sie nur bis zu 2 Meilen Durchmesser abwärts nimmt, übersteigt schon 1000; doch dies ist nichts gegen die unzählige Menge der kleinen und kleinsten Crater, von denen ein Fernrohr von 5 Fuss Brennweite, wie das zur Mappa selenographica angewandte, gegen 15—20000 zeigt. Sie sind fast alle verhältnissmässig sehr tief, doch keinesweges (so viel sich erkennen lässt) wirklich bodenlose Schlünde, die tief ins Innere der Mondkugel führen. Die Art, wie der Schatten sich in ihnen darstellt, so wie der Anblick in höherer Beleuchtung, lässt hierüber keinen Zweifel. Auch sie zeigen häufig noch Centralberge, wiewohl ihr Erkennen hier schon aufs äusserste erschwert ist. Eben so wenig fehlen Ungleichheiten des Kammes, kleine Verzweigungen, Abweichungen von der Kreisform u. dgl., wiewohl alles das doch nur als Ausnahme dasteht im Verhältniss zur grossen Mehrzahl, die sich für uns in strengregelmässiger Form darstellt. Sehr gewöhnlich sieht man zwei oder mehrere (in einzelnen Fällen bis zu 10 und 12) reihenweis wie Perlenschnüre an einandergereiht, in welchem Falle gewöhnlich zwei benachbarte einen gemeinschaftlichen Wall haben. In andern ähnlichen Verbindungen ist der Zusammenhang noch inniger: eine Art von Thor geht aus einem Crater in den andern, und so wird leicht ein Kanal mit rundlichen Seitenausbiegungen daraus. Beispiele bieten besonders die Gegend zwischen Eratosthenes und Copernicus, die Landschaften Sasserides und Orontius, die Umgegend von Capella und Censorinus, der Wall und die Ebene des Albategnius dar. Am Nordwestrande des Ptolemäus stehen 6 sehr kleine Crater (von 4 bis 6000 Fuss Durchmesser) geradlinig an einander gereiht — ein reizender Anblick. — Da die meisten dieser Crater nach Innen sehr schroff abstürzen und noch ganz mit Schatten

erfüllt sind, wenn auch die Sonne schon 15°—20° über ihrem Horizont steht, so bekommen solche Mondgegenden, in denen sie sich sehr häufig finden, ein gleichsam durchlöchertes Ansehen. — Der starke Glanz, den die meisten Crater im Vollmonde zeigen, scheint von der regelmässigen Form der innern Höhlung herzukommen; indem sie auf diese Weise das Sonnenlicht wie ein Brennspiegel reflektiren. Von andern glänzt nur der Rand und das Innere ist dunkel, so dass man einen zarten Lichtring wahrnimmt.

Viele auf den ersten Anblick eben scheinende Gegenden des Mondes zeigen sich bei aufmerksamerer Betrachtung oder in stärkeren Fernröhren mit einer Menge sehr kleiner Crater besetzt, andere lassen durch ihr gleichsam grau melirtes Ansehen auf ein ähnliches Resultat schliessen, nur dass die Crater einzeln genommnn, ähnlich wie die einzelnen Sterne in vielen Nebelflecken, zu klein sind. — Crater kommen in den verschiedenen Lokalitäten vor: in Ebenen, in Ringflächen, an und auf den Wällen derselben, zwischen Gebirgszügen, an und auf flacheren Landrücken u. dgl.

§. 116.

Der Mond zeigt allerdings auch hin und wieder eben solche Gebirgskettten als unsere Erde, jedoch seltener und auf kürzeren Strecken, auch in Form der Thal- und Gipfelbildung sehr abweichend. Die ersteren nähern sich mehr oder weniger der Craterform, die letzteren sind vorherrschend dom-, zuweilen jedoch pikförmig. Das von *Hevel* so genannte Apenninengebirge, 90 Meilen lang und in seinem höchsten Berge 17000 Fuss sich erhebend, ferner die Alpen, der Caucasus, die Riphäen, der Altai und einige andere kleinere laufen nicht, wie die Erdgebirge, in verschiedene Aeste aus, sondern erfüllen als grösstentheils scharf begrenzte Masse ein zuweilen bedeutendes Terrain. Weit häufiger als auf der Erde sind isolirte Berge ohne allen Zusammenhang, oder Gruppen von Hügeln, oft kaum zu zählen, wiewohl selbst deutlich zu erkennen. Um den 40sten Grad nördlicher Breite herum, und vom mittleren Meridian des Mondes durchschnitten, zieht sich ein fast 200 deutsche Meilen langer und ziemlich breiter Gürtel von Hügellandschaften hin; bei Aristoteles herum zeigen sie sich nach verschiedenen Richtungen hin in parallele Reihen geordnet.

§. 117.

Die grauen ebneren Landschaften des Mondes sind ohne Ausnahme von langen, flachen, geraden, oder doch nur in

grossen freien Krümmungen dahinstreichenden Höhenrücken durchzogen, die man — nicht ganz passend — Bergadern genannt hat. Sie sind nicht als Verzweigungen und Ausläufer grösserer Gebirge zu betrachten, die überhaupt nur selten Verzweigungen zeigen, sondern meistens ganz unvermittelt aus der Tiefebene emporsteigen. Dagegen bestehen unter ihnen selbst mannichfaltige Verbindungen. Nur wenige sind von hellerer Farbe als die Umgegend: bei weitem die meisten verschwinden nicht nur im Vollmonde, sondern auch schon bei mässig hohen Erleuchtungswinkeln; denn da ihre Böschung äusserst gering, öfter unter als über 5 Grad ist, so zeigen sie nur bei Sonnenauf- und Untergang einigen Schatten und werden dadurch kenntlich. Von einigen mag die Höhe nicht 50 Fuss betragen, da sie aber beträchtlich breit (wohl $^1/_2$ bis 1 Meile und darüber) und viele Meilen lang fortstreichen, so kann ihr Schatten bei sehr geringem Erleuchtungswinkel sie uns kenntlich machen. Doch finden sich auch einige von 1000 Fuss und darüber hoch.

Selten zeigen sich auf ihnen einzelne Gipfel, zuweilen indess enden sie an solchen. Die Rückenlinie ist entweder ganz gleichförmig oder bildet sehr sanfte Wellen. Oefter enden sie an Cratern oder werden durch solche unterbrochen, auch wohl in ihrer Richtung geändert. Einzelne erstrecken sich auf 60 bis 80 Meilen, z. B. die, welche nördlich an Timocharis vorüberzieht. In den grösseren Wallebenen bemerkt man bei Anwendung starker Vergrösserungen zuweilen äusserst zarte, schmale und niedrige Bergadern; in den helleren Landschaften sind sie seltener und dann immer nur kurz.

§. 118.

Eine noch räthselhaftere Formation stellt sich uns in den sogenannten Rillen dar: schmalen tiefen Furchen, geradlinig oder nur in sehr mässigen Krümmungen durch Ebenen oder auch durch Gebirgslandschaften hinstreichend und schwer wahrzunehmen, da sie fast sämmtlich äusserst schmal sind. Bis jetzt sind gegen 90 aufgefunden: die beiden ersten fand *Schröter* im Jahre 1788. Man kann sie wechselsweise als glänzende Lichtlinien und als schwarze Fäden erblicken, ersteres im Vollmonde, letzteres bei schräger Beleuchtung. In einigen bemerkt man kleine rundliche Erweiterungen, gleichsam als ob die Rillen durch einen Crater ziehen. Die zuerst aufgefundene, sehr bequem sichtbare Rille des Hyginus (fast auf der Mitte der Mondscheibe) zieht auf diese Weise durch 10 Crater, die sämmtlich Minima

der Sichtbarkeit sind, und einen grössern (den Hyginus selbst) von etwa 1¼ Meile Durchmesser. Letzteren durchschneidet sie so, dass sie seinen Rand sprengt und mit selbstständigen Wällen durch sein Inneres fortzieht, wobei indess ihre Richtung eine kleine Veränderung erleidet. Ein Beweiss, dass die Rille spätern Ursprungs als der Crater ist. — Verzweigungen und Durchschneidungen dieser Rillen sind sehr selten; schlängelnde Krümmungen, wie bei den Flüssen unseres Erdkörpers, kommen nur bei einer einzigen (in der Gegend des Aristarch und Herodot gelegen) vor. Ueberhaupt spricht nichts dafür, dass sie Stromsysteme seien oder dies einst waren. An einigen Stellen sieht man sie zu 2, 3, 4 nahe neben einander parallel fortstreichen. Sie durchsetzen zuweilen Berge von ziemlicher Steilheit und Höhe, wobei sich aber ihre Breite gewöhnlich nicht verändert, die überhaupt in den meisten Fällen durchweg gleich ist.

Da man von jeher nur zu geneigt war, specielle Aehnlichkeiten zwischen Erde und Mond aufzufinden, so hat man auch diese Rillen bald für Flüsse, bald für künstliche Kanäle, bald für Landstrassen angesehen. Die erstere Meinung fällt, wenn man Anfang und Ende der meisten Rillen betrachtet, die im gewöhnlichsten Falle beide in derselben Ebene liegen und keine merkliche Ungleichheit der Breite zeigen: wenn man ferner in denen, bei welchen die Breite es gestattet, einen scharf abgeschnittenen Schatten wahrnimmt, wie er bei fliessenden Gewässern nicht wohl gedacht werden könnte, und wenn man ihre Vertheilung und gegenseitige Stellung betrachtet. Nirgend auf unserer Erde finden sich Flüsse, die aus solchen Fernen betrachtet ein den Mondrillen ähnliches Verhalten zeigen würden.

Noch weniger aber ist an künstliche Kanäle oder Strassen zu denken bei Gebilden, deren Breite jedenfalls nach Tausenden von Fussen gemessen werden muss und deren Anfangs- und Endpunkte gewöhnlich durch Nichts ausgezeichnet sind. Man macht es sich in der That zu leicht, wenn man gleichsam stillschweigend voraussetzt, dass die Mondbewohner künstliche Wohnungen, Strassen u. dgl. haben, weil wir sie haben und allerdings haben müssen. Denn ursprünglich waren es doch nur die zu empfindlichen Witterungsveränderungen, die uns in Häusern unsere Zuflucht suchen liessen, so wie die zu grosse Schwierigkeit der Bewegungen, welche auf eine Erleichterung durch Kunststrassen führte. Wäre Beides auf der Erde so gewesen, wie es sich auf dem Monde findet, so ist sehr zu zweifeln, dass selbst

bei fortschreitender Kultur die menschliche Industrie sich nach diesen Richtungen hin so entfaltet hätte, wie wir es jetzt kennen.

§. 119.

Es ist nun endlich Zeit, die bisher nur gelegentlich berührte Frage über die Atmosphäre und die Gewässer des Mondes direkt zu beantworten. Seit *Mayer* aus Gründen, die wir sogleich darlegen werden, die Existenz beider bestritt, hat man sich, zum Theil mit heftiger Polemik, auf der Gegenseite bemüht, diese Gründe zu entkräften und ihnen andere entgegenzustellen. Ein Weltkörper ohne Luft und ohne Wasser schien — wenigstens insofern er bewohnt sein sollte — ein Widerspruch, und aus menschenfreundlicher Theilnahme für das Wohl der Seleniten griff man nach der letzten Möglichkeit, um ihnen diese beiden absolut unentbehrlichen Requisite des physischen Lebens zu retten. Der Astronom aber kann sich von keinem auch noch so edlen Gefühle bestechen lassen, wo es Erforschung der Wahrheit gilt, und selbst auf die Gefahr hin, dass den Mondbewohnern die Existenz abgesprochen werden müsste, sieht er sich genöthigt, eine Luft und ein Wasser, wie wir beides hier kennen, zu verneinen. Jede Luftart, nicht bloss unsere atmosphärische, bricht den Lichtstrahl und schwächt das hindurchgehende Licht: weder von dem einen noch dem andern ist auf der Mondoberfläche das Geringste wahrzunehmen. Wenn wir die Randlandschaften derselben beobachten und mit denen der Mitte vergleichen, so finden wir dieselbe Deutlichkeit, was bei keiner mit einer Atmosphäre umhüllten Kugel möglich ist. Wir finden beim Eintritt eines Sterns in den Mondrand keine Schwächung, wie sie die Erdatmosphäre (und zwar in sehr starkem Maasse) bewirken würde; und eben so wenig eine Verminderung der Dauer des Durchgangs, die eine Mondatmosphäre ebenso bewirken würde, wie die Erdatmosphäre durch die Strahlenbrechung eine Verminderung der Nachtlänge bewirkt. Eine Umhüllung des Mondns also muss, wenn sie existirt, so beschaffen sein, dass sie den Lichtstrahl weder schwächt noch ablenkt. Enthielte diese unbekannte Umhüllung, die wenigstens nicht Luft heissen könnte, aufgelösten Wasserdampf, so würde sich auch dieser durch Strahlenbrechung verrathen müssen. Eine Flüssigkeit aber, die nicht verdunstet (unser Wasser verdunstet auch im luftleeren Raume), ist uns nicht bekannt.

Die Freunde der Mondatmosphäre und der Mondgewässer,

auf der diesseitigen Halbkugel durch die ihrer Hypothese widersprechenden Beobachtungen in die Enge getrieben, flüchteten in die jenseitige, die der Phantasie ein freieres Feld darzubieten schien, und gaben zugleich den Seleniten den wohlgemeinten Rath, die schlackenverbrannte, sterile und nur von starren Felsenmassen bedeckte diesseitige Halbkugel zu verlassen, damit sie desto ungestörter ihrem Zwecke, die Erde zu erleuchten, dienen könne. Jenseits warteten ihrer reizende Gefilde, von rieselnden Bächen durchschnitten, von milden Lüften umweht u. s. w. u. s. w. — doch wozu ein Phantasiegemälde weiter ausführen, das so gänzlich bodenlos ist? Niemand wird uns im Ernste überreden wollen, dass eine Luft, deren erste und allgemeinste Eigenschaft die der Ausbreitung nach allen Seiten ist, der einen Halbkugel zugetheilt sein und der andern fehlen könne; und dass es mit dem Wasser eine ähnliche Bewandtniss habe, ergiebt sich leicht bei einigem Nachdenken.

§. 120.

Noch eine Auskunft schien übrig: eine Mondatmosphäre von so geringer Dichtigkeit und so grosser Durchsichtigkeit, so wie ein Mondwasser von so ätherischer Feinheit und Klarheit, dass wir aus 50000 Meilen Entfernung nicht im Stande seien, Spuren der einen oder des andern wahrzunehmen. Dem kleinern Monde — so schloss man — käme auch eine viel dünnere Atmosphäre zu: eine dichtere festzuhalten sei er nicht im Stande. *Schröter* glaubte aus einer vermeintlichen Dämmerung auf dem Monde $^1/_{28}$ für die Dichtigkeit der Mondluft zu finden (schon dünn genug für uns, um nach wenigen Minuten in derselben zu ersticken); andere, wie *Melanderhjelm* und *Gruithuisen*, versuchten auf theoretischem Wege diese Dichtigkeit zu bestimmen. Alle hatten versäumt, die Sternbedeckungen dabei in Rechnung zu ziehen, und dies holte *Bessel* nach, der als äusserste Möglichkeit einer Mondluft die Dichtigkeit $^1/_{968}$ fand (die der Erdluft = 1 gesetzt). Diese nach aller Strenge durchgeführte Rechnung, bei welcher die Annahmen, die einen Spielraum zuliessen, so genommen waren, wie sie einer möglichst grossen Dichtigkeit der Mondatmosphäre am günstigsten sein mussten, zeigt also zur Genüge, dass von dieser Seite an gar keine Aehnlichkeit der Naturverhältnisse zwischen Mond und Erde gedacht werden darf.

In neuester Zeit ist der Gegenstand aufs Neue zur Sprache gekommen durch eine Bemerkung *Hansens*, der aus einer durch die Beobachtungen angedeuteten Vergrösserung der theoretisch berechneten Evection schliesst, dass der

Schwerpunkt des Mondes 8 geographische Meilen jenseit des mathematischen Mittelpunkts der Mondkugel liegen müsse. Daraus folgt nun allerdings, dass wenn eine Mondluft vorhanden ist, diese in der Mitte der von uns abgewendeten Seite am dichtesten sei, wie diesseits am dünnsten. Die Besselsche Zahl zum Grunde gelegt, erhielte man für die Dichtigkeit des jenseitigen Mittelpunktes $^1/_{310}$, was physisch genommen wohl eben so wenig zu bedeuten hat als $^1/_{968}$. Die Folgerungen eines *Decuppis* und Anderer, die aus *Hansens* vorsichtiger Aeusserung sofort eine Colonisation der jenseitigen Mondhalbkugel mit menschenähnlichen Bewohnern ableiteten, erweisen sich also als nichtig.

Wo weder Luft noch Wasser (oder beides in so unbedeutendem Maasse) existirt, wird man auch an unser Feuer, also auch an Feuerausbrüche u. dgl. nicht zu denken haben. Die Form der Mondgebilde hat Viele veranlasst, vulkanische Eruptionen auf dem Monde anzunehmen: allein selbst wenn — wie es allerdings wahrscheinlich ist — diese Ringgebirge das Produkt einer von innen nach aussen wirkenden und also, wenn sie zum Ziele gelangt, erumpirenden Kraft sind, so ist doch die eigentlich vulkanische Natur nicht anzunehmen. Auch ist die Aehnlichkeit jener Kreisformen mit den vulkanischen Cratern unsrer Erde in der That nicht so gross, als es scheinen sollte. Die grössten Crater unserer Erde (wie der des Aetna) sind kaum den kleinsten der oben erwähnten Mondcrater zu vergleichen; und wie verschieden ist ein Ringgebirge von einem Vulkan unserer Erde, wenn man ihre äussere Form vergleicht! Auch sind nie vulkanische Ausbrüche auf dem Monde beobachtet worden: was man als solche bezeichnet hat, waren Punkte, welche im Erdenlicht stärker als ihre Umgebung leuchteten, wie sie es im Sonnenlicht stets thun. Eben so rühren die Meteorsteine wohl nicht vom Monde, sondern aus den Sternschnuppenschwärmen her, welche die Erde in ihrem Laufe, wie wir jetzt mit Sicherheit wissen, im August und November durchschneidet.

§. 121.

Wie bereits erwähnt, so zeigt uns der Mond hellere und dunklere Oberflächentheile, und einzelne Punkte zeichnen sich durch ein vorzügliches lebhaftes Licht aus. Diese Verschiedenheiten haben ihren Grund in der eigenthümlichen Formation des Mondbodens. Die dunkleren Theile sind wahrscheinlich lockerer (oder darf man an eine Vegetation denken? Dass einige dieser Flächen einen grünen Schimmer zeigen,

dürfte wohl nicht als Stütze dieser Ansicht genommen werden, denn bei so verschiedenen Naturverhältnissen wäre Uebereinstimmung der Farbe ein reiner Zufall), die helleren, also wohl starreren Theile variiren sehr nach Maassgabe des Erleuchtungswinkels und der Stellung gegen die Erde, und der äusserst lebhafte Glanz mehrerer mittelgrossen und kleineren Crater (die im Vollmonde wie feine Sternchen schimmern) dürfte wohl ohne Zweifel ihrer sphärischen oder wahrscheinlicher parabolischen Höhlung zuzuschreiben sein. Bei grösseren Ringgebirgen ist der Glanz selten so stark, oder doch nicht über das Ganze so verbreitet: vielmehr haben diese (wenn sie überhaupt im Vollmonde sichtbar bleiben) häufig ein verwaschenes nebelhaftes Ansehen, und kontrastiren bedeutend gegen die reinen scharfbegrenzten Lichtkreise und Lichtringe der kleineren Crater. Doch gehören einige dieser helleren Flecke auch Berggipfeln an, und andere sogar solchen Punkten die sich in Rücksicht des Niveaus gar nicht vor ihrer Umgebung auszeichnen.

Sehr merkwürdig sind die Lichtstreifen der Mondfläche, deren einige vereinzelt ziehen, die meisten aber zu mehr oder weniger regelmässigen Strahlensystemen geordnet sind und dann in hoher Beleuchtung so sehr prädominiren, dass man in den von ihnen durchzogenen Gegenden gar nichts Anderes wahrnimmt. Sieben grössere Ringgebirge bilden die Mittelpunkte dieser Systeme, und Tycho, ein kolossales Ringgebirge der südlichen Halbkugel, hat das bedeutendste. In günstiger Libration bedeckt das Strahlensystem Tycho's mehr als ein Viertel der Scheibe. Copernicus, Kepler und Aristarch folgen zunächst, Anaxagoras, Byrgius und Olbers liegen dem Rande zu nahe, um so grossartig zu erscheinen als die vorerwähnten.

Diese Streifen erstrecken sich ohne Unterschied über Gebirge, Thäler und Ebenen, ohne deshalb ihre Richtung, Gestalt oder Farbe zu verändern. Sie sind meistens sehr breit, einige 3—4 Meilen, doch zeigen sich, namentlich bei Aristarch, auch sehr schmale, von $^1/_4$ bis $^1/_2$ Meile Breite. Sie verschwinden bei schräger Beleuchtung allmählig, und erscheinen eben so wieder, sobald die Sonne sich höher über ihren Horizont erhebt. An einigen Stellen vereinigen sie sich zu Lichtknoten oder zu einer breiten zusammenhängenden Masse; hin und wieder haben sie ein büschelförmiges Ansehen. Die Ringgebirge, welche ihre Central- und Knotenpunkte bilden, gehören sämmtlich, wenigstens was den Wall selbst betrifft, zu den starkglänzenden. — Man hat sich die Erklärung dieser Streifen früher ziemlich leicht

gemacht, indem man sie bald für Bergketten, bald für Lavaströme hielt. Beides ist durch das Obige vollständig widerlegt; allein es ist schwer eine genügende Erklärung zu geben. — Nimmt man an, dass der Mond seine Oberflächengestaltung durch Ausbrüche erlangt habe, so ist leicht zu erachten, dass nicht alle derselben vom Centro ausgingen und rechtwinklicht auf die Oberfläche trafen, sondern häufig auch unter schiefen, ja sehr kleinen Winkeln. Denkt man sich einen vielleicht stark erhitzten Gasstrom nahe unterhalb der Oberfläche hinstreichend, so wird er die innere Struktur derselben, und folglich auch die Reflexionsfähigkeit derselben verändern (verkalken oder verglasen?) und diese Veränderung wird eine bleibende sein, die selbst durch nachherige Umwälzungen und Ausbrücke nicht wesentlich betroffen wird. Vielleicht zogen solche Ströme von allen Seiten einer einzigen grossen Esse zu, die sich ihnen an der Stelle des jetzigen Ringgebirges darbot. Diese Hypothese, wiewohl sie bei weitem nicht alle Schwierigkeiten hebt — was aber bei einer Topographie fremder Weltkörper auch nie erwartet werden kann — dürfte wenigstens vor denen den Vorzug verdienen, die einen Zustand der Dinge voraussetzen, wie er gewiss nicht auf dem Monde besteht, noch je bestanden hat.

§, 122.

Ueberblicken wir alles bisher über unsern Nebenplaneten Gesagte, so wird sich die Antwort auf die oft angeregte Frage nach den Bewohnern des Mondes, wenigstens einigermaassen geben lassen. Es ist, allgemein genommen, im höchsten Grade wahrscheinlich, dass nicht der Mond allein, sondern jeder Weltkörper lebende Bewohner habe, da einerseits gar kein Grund abzusehen ist, mit welchem die Erde einen so ungemeinen Vorzug ausschliesslich in Anspruch nehmen könnte; andrerseits von der Weisheit des Schöpfers erwartet werden kann, dass alle seine Werke die möglichst höchsten Zwecke erfüllen. Wo wir also Einrichtungen getroffen sehen, welche Bewohner möglich machen, können wir diese auch als wirklich annehmen, und zugleich versichert sein, dass jeder Weltkörper mit solchen Bewohnern versehen sei, die seiner Naturbeschaffenheit angemessen sind und sich auf ihm ihres Lebens erfreuen können.

Mit dieser allgemeinen mehr ethischen als astronomischen Beantwortung will man sich indess nur höchst ungern begnügen: man möchte eine möglichst specielle Auskunft über den Organismus, die Lebensweise, die physischen und

geistigen Fähigkeiten der Bewohner fremder Welten haben. Insbesondere glaubte man bei dem uns verhältnissmässig so nahen Monde zu der Hoffnung berechtigt zu sein, bei stets steigender optischer Kraft der künstlichen Sehwerkzeuge einst noch dessen Bewohner zu *sehen*, ja selbst die Idee mit ihnen zu *korrespondiren* oder gar persönlich zu ihnen zu *gelangen*, ist alles Ernstes verfolgt worden, und die mancherlei sinnreichen Vorschläge, die zu ihrer Ausführung gemacht worden sind, beweisen, dass man die Sache nichts weniger als aufzugeben gesonnen ist.

Ob die ferne Zukunft eine oder die andere dieser Hoffnungen zu erfüllen im Stande sein werde, bleibe dahingestellt; wahrscheinlich ist es indessen nicht. Wenigstens vergessen die, welche von einer fortschreitenden Vergrösserung der Ferngläser Alles erwarten, dass ein grösseres Sehwerkzeug die anderweitigen, häuptsächlich im Zustande der Erdatmosphäre und der täglichen Bewegung liegenden Schwierigkeiten nicht allein nicht hebt, sondern vielmehr im Verhältniss seiner Grösse vermehrt, und dass überhaupt stärkere Vergrösserungen nur dann von Nutzen sein können, wenn die Deutlichkeit des Bildes sich in ganz gleichem Maasse erhöht. Schon bei den grössten der jetzt in Anwendung gebrachten Fernröhre zeigen sich diese Schwierigkeiten in hohem Grade, dergestalt, dass man ihre volle Kraft nur selten und nicht bei allen Gegenständen in Anwendung bringen kann: wie denn namentlich der Mond zu denjenigen Objecten gehört, für welche die stärksten Vergrösserungen sich nicht sonderlich vortheilhaft bewähren. Gelänge es aber auch, mit einer 1000 maligen Vergrösserung noch gute Beobachtungen auf der Mondfläche zu machen, so würden die Gegenstände auf derselben immer noch nicht besser erscheinen, als mit freiem Auge in $^{500\cdot0}/_{1000} = 50$ Meilen Entfernung, und auch das schärfste Auge ist nicht im Stande, einen Menschen, ein Pferd u. dgl. noch wahrzunehmen, wenn sie 1 Meile entfernt sind.

Vielleicht aber könnte man ihre Werke auffinden, ihre Heereszüge verfolgen u. dgl.? Auch hier ist schwerlich Etwas zu erwarten. Wenn es nun auch endlich gelänge, ein architektonisches Produkt von der Grösse der Cheops-Pyramide oder der Peterskirche als ein *feines Pünktchen* wahrzunehmen — was allenfalls von der Zukunft zu hoffen wäre — wer deutet *uns* dies Pünktchen? Die kleinsten der ihrer *Gestalt* nach mit einiger Deutlichkeit wahrnehmbaren Gegenstände sind noch immer 4—6000 Fuss lang und breit, und auch eine verhält-

nissmässig nicht unbeträchtliche Höhe darf ihnen nicht fehlen, wenn man sie von ihrer Umgebung unterscheiden soll. Und dass diese Grenze der deutlichen Sichtbarkeit sich in weit langsamern Verhältnissen verengern werde, als die Grösse und optische Kraft der Fernröhre sich vermehrt, ist ausser Zweifel.

Wie viel oder wie wenig aber auch die Zukunft von jenen Hoffnungen realisiren möge — die Fortschritte unserer Mondkunde werden stets davon abhängig bleiben, dass man die vorhandenen Hülfsmittel treu und sorgfältig benutze und so tief als diese es irgend gestatten, in das Detail der Mondoberfläche eindringe. Noch ist bei weitem nicht genug in dieser Beziehung geschehen. Nicht von einem Einzelnen, und ständen ihm die kräftigsten Hülfsmittel zu Gebote, kann eine vollendete und das Ganze umfassende Arbeit dieser Art erwartet werden, denn ein mehrere Jahrhunderte langes Leben ist den jetzigen Bewohnern der Erde nicht beschieden. Entweder muss eine Vereinigung Vieler zu diesem Zwecke stattfinden und die Arbeit streng planmässig vertheilt und angeordnet werden; oder Einzelne müssen, die bis jetzt ausgeführten Arbeiten zum Grunde legend, ausgezeichnete Lokalitäten speciell bearbeiten. So wird man das Detail der Mondformen immer genauer kennen lernen und über das Stattfinden von noch wahrnehmbaren Veränderungen entscheiden können, wovon man bis jetzt, trotz Allem, was darüber geschrieben worden, noch nichts weiss. Gelingt es, solche Veränderungen unzweifelhaft nachzuweisen, so wird man versuchen können, ihren Ursachen und Veranlassungen nachzuforschen, und so könnte man einst dahin gelangen, diejenigen Veränderungen, welche durch Naturkräfte hervorgebracht werden, von denen zu unterscheiden, die das Werk lebender Wesen sind. Dies ist der einzige Weg, den die wissenschaftliche Forschung einschlagen kann — ein sehr langer und mühsamer, auf dem selbst im glücklichsten Falle erst späte Nachkommen an das Ziel gelangen werden — aber der auch jedenfalls zu fruchtbringenden Resultaten führen wird, selbst wenn man das, was man hauptsächlich sucht, nicht finden sollte. Denn die Selenographie kann nicht, wie die Geographie, vom Besondern und Einzelnen anfangen und zum Allgemeinen fortschreiten: sie muss den umgekehrten Weg einschlagen. In Bezug auf das Allgemeine ist sie der Geographie sogar voraus, denn wir haben keine Totalübersicht der Erde, die der an die Seite gesetzt werden könnte, welche wir von der diesseitigen Mondhalbkugel besitzen.

§. 123.

In der That aber kann man — sobald man nur die Existenz lebender Wesen auf dem Monde annimmt — auch jetzt schon Einiges über sie angeben. Die scharfen Gegensätze zwischen Licht und Schatten, der Mangel eines vermittelnden Helldunkels, der Dämmerungen und der den Strahl der Sonne mildernden Atmosphäre macht es nothwendig, dass die Sehwerkzeuge demgemäss eingerichtet sind. Der Mondbewohner bedarf mehr als Adleraugen, folglich hat er sie. — Die Tage und Nächte sind fast 30mal länger als die unserer Erde: wenn dort wie hier die Nächte zur Ruhe, die Tage zur Wirksamkeit bestimmt sind, so muss der Körper weit langsamer ermüden als bei uns, also in dieser Beziehung kräftiger, ausdauernder sein. — Die grosse Leichtigkeit, mit welcher alle Bewegungen auf dem Monde hervorgebracht werden, wird sich auch in den Bewegungswerkzeugen der Bewohner aussprechen: wir z. B. würden uns bei einer um die Hälfte verminderten, wie bei einer um das Doppelte vermehrten Schwere sehr unbehaglich fühlen und unsere Muskeln dem neuen Verhältniss nicht mehr angemessen finden. — Ueber ihren Kalender und ihre Uhr, über das, was sie am Himmel, und in welcher Folge sie es erblicken, ist schon oben die Rede gewesen, und vielleicht darf man es wagen, die Erwartung hinzuzufügen, dass die schönste Sternwarte, die das ganze Sonnensystem aufzuweisen hat, die jenseitige Halbkugel unsers Mondes, nicht mit den schlechtesten Astronomen besetzt sein werde. — Doch genug über einen Gegenstand, über den nur gar zu viel schon conjecturirt worden und der dadurch in einen Misskredit gekommen ist, von dem er sich in langer Zeit nicht wird erholen können.

Man wird es nicht unangemessen finden, dass dieser uns so nahe Weltkörper auch weit ausführlicher als die übrigen behandelt worden ist. Die in unsern Tagen erlangte genaue Kenntniss seiner allgemeinen wie seiner besondern Verhältnisse schien dazu aufzufordern. Wer sich gründlicher darüber belehren und die einzelnen Landschaften des Mondes gleichsam durchreisen will, dem wird die von *W. Beer* und mir herausgegebene Mondkarte und Mondbeschreibung dabei gute Dienste leisten können: so wie das vor einigen Jahren erschienene und grossentheils auf eigene Beobachtungen gegründete Werk: „der Mond" von *Schmidt* in Olmütz.

Mars.

§. 124.

Dieser Planet steht in seiner mittleren Entfernung 1,523691 oder nahe 30½ Mill. Meilen von der Sonne, seine grösste Entfernung ist 1,6657795 mit einer sekulären Vermehrung von 0,0001373; die kleinste ist 1,3816025 mit einer der vorigen entsprechenden sekulären Verminderung. Die Excentricität 0,0932528 verändert sich in einem Jahrhundert um 0,0000901. Seine Distanzen von der Erde können zwischen 7½ und 52½ Mill. Meilen wechseln.

Die Länge seines Perihels ist 333° 6′ 38″,4 mit einer jährlichen tropischen Veränderung von 65″,68.

Die Neigung der Bahn gegen die Ekliptik ist 1° 51′ 4″,7 mit einer sehr unbedeutenden jährlichen Veränderung von — 0″,013; der aufsteigende Knoten liegt in 48° 16′ 18″,0, und rückt jährlich um 25″,00 tropisch vorwärts.

Die Mittelpunktsgleichung wächst auf 10° 41′ 48″,4 mit einer jährlichen Zunahme von 0″,377.

Seine noch nicht scharf bestimmte Masse wird auf $^1/_{2680337}$ der Sonnenmasse berechnet, sein scheinbarer Durchmesser für die mittlere Entfernung von der Erde (die hier gleich ist der mittleren von der Sonne) ist 6″,0, er kann für uns bis 23″,5 wachsen und sich bis zu 3″,4 vermindern; der wahre Durchmesser ist nach *Bessel* 894 geographische Meilen oder nach *Winnecke's* im Jahre 1856 mit dem Berliner Heliometer angestellten Messungen 882 Meilen. Hiernach ist seine Dichtigkeit 0,84 von der der Erde; die Schwerkraft, Fallhöhen, Pendellängen sind auf ihm etwa halb so gross als bei uns. Seine Erleuchtung in mittlerer Entfernung ist = 0,43, allein sie kann bis 0,52 steigen und sich auf 0,36 vermindern.

Als oberer Planet kann er nie in untere Conjunction, dagegen aber in Opposition mit der Sonne kommen und die Zeit von einer Opposition zur andern beträgt 780 Tage. Um diese Zeit ist er rückläufig, welche Rückläufigkeit 62 bis 81 Tage währen kann; während des ganzen übrigen Theils seines synodischen Umlaufs ist er dagegen rechtläufig.

Ein vollständiger Cyclus von Phasen, wie sie der Mond,

Merkur und Venus darbieten, kann für Mars nicht stattfinden, da in dem Dreieck: Erde Sonne Mars, die dem Mars gegenüberliegende Seite (Erde Sonne) stets kleiner ist als die der Erde gegenüberliegende, folglich der Winkel an Mars stets ein spitzer ist. Mars erscheint also jedenfalls mehr als halb erleuchtet, und der unerleuchtete Theil ist im äussersten Falle nicht breiter als beim Monde 4 Tage vor oder nach der Opposition, so dass es überhaupt nur bei starken Vergrösserungen deutlich wird, dass ihm eine kleine Sichel fehle.

Nach der Stellung zur Erde würde Mars, wie bereits erwähnt, zu den obern Planeten gehören. In objectiver Hinsicht ist eine andere Eintheilung richtiger, welche 3 Planetengruppen setzt, die untere, mittlere und obere, oder besser innere, mittlere, äussere Gruppe. Zur ersten würden Merkur, Venus, Erde, Mars gehören, sämmtlich mässig gross, dicht, sonnennahe, fast oder ganz kugelförmig, mit einer einzigen Ausnahme mondlos, von nahe 24stündiger Umlaufszeit. Sie haben ausser den angegebenen Bestimmungen noch manches Andere mit einander gemein, so viel wir über ihre physische Beschaffenheit zu urtheilen im Stande sind. Die zweite Gruppe enthält die 80 kleinen Planeten mit stark geneigten, sehr excentrischen, grossen Störungen unterworfenen Bahnen von 3 bis $5^1/_2$ Jahren Umlaufszeit, in einander verschlungen und selbst ihre Rangordnung zuweilen wechselnd. In die dritte Gruppe endlich gehören die grossen, wenig dichten, stark abgeplatteten, schnell rotirenden, mond- und ringreichen Planeten von Jupiter an. Bei dieser Eintheilung, welche auf innere Uebereinstimmung basirt ist, kommt der zufällige Umstand, dass wir gerade den dritten der 64 Hauptplaneten bewohnen, nicht weiter in Betracht.

Mars körperlicher Inhalt hält (eben so wie Durchmesser und Oberfläche) nahezu das geometrische Mittel zwischen Erde und Mond; er ist 6mal kleiner als jene, und 8mal grösser als dieser. Ihm selbst fehlt ein Mond, oder dieser müsste von einer Kleinheit sein wie kein anderer Weltkörper. Hätte ein Marsmond auch nur 3 Meilen Durchmesser, er könnte uns in günstigen Oppositionen nicht verborgen bleiben.

§. 125.

Mars ist derjenige Weltkörper, der unsern grossen *Kepler* zuerst auf die richtige Vorstellung von der elliptischen Gestalt der Planetenbahnen geführt hat. In der That war, zumal bei den unvollkommenen Beobachtungen, welche *Kepler* benutzen

konnte, kein Planet hierzu geeigneter, nicht allein wegen der bedeutenden Excentricität, sondern auch wegen der geringen Entfernung von der Erde, daher bei keinem anderen Hauptkörper unseres Systems die Abweichungen der elliptischen Bahn von dem bis dahin angenommenen excentrischen Kreise so deutlich hervortreten konnten. Auch haben wir durch ihn, bèvor die Venusdurchgänge (§. 92.) von 1761 und 1769 stattfanden, eine so nahe mit der Wahrheit übereinstimmende Sonnenparallaxe erhalten, als keine andere Methode gegeben hatte. Im Jahre 1755 beobachteten *la Caille* am Cap der guten Hoffnung und *Wargentin* in Stockholm den Mars, als er für einige Erdorte einen Fixstern bedeckte. *Wargentin* fand ihn einige Sekunden südlich, *la Caille* dagegen etwas nördlich von jenem Sterne, und sie schlossen hieraus, dass die Sonnenparallaxe $10^1/_4$ Sekunden betrage, was beiläufig auf 17 Mill. Meilen Entfernung der Sonne führte. Die früher angewandten Methoden hatten, wenn sie überhaupt Etwas ergaben, stets eine kleinere Entfernung der Sonne herausgebracht. Und noch jetzt ist diese Methode nicht ganz bei Seite gesetzt. *Henderson* und *Maclear* am Cap haben im Verein mit Greenwich und anderen Sternwarten Europa's neuerdings den Mars mit Fixsternen verglichen, um die Sonnenparallaxe abzuleiten, was bei häufiger Wiederholung (denn zwischen 2 Venusdurchgängen fallen gegen 50 Mars-Oppositionen) vielleicht zu einem eben so scharfen Resultat, als dem aus 1769 gefolgerten, und folglich zu einer hier sehr wünschenswerthen Controle führen kann.

Dies hat sich denn auch in neuester Zeit bestätigt. Im Jahre 1861 kam Mars in seiner Opposition der Erde so nahe, wie er nur etwa nach je 15 Jahren ihr kommen kann. Nun waren verschiedene Indicien zur Sprache gekommen, die sämmtlich eine geringere Entfernung der Sonne, als man angenommen hatte, anzudeuten schienen. So hatte Foucault durch terrestrische Messungen die Geschwindigkeit des Lichts um etwa $^1/_{25}$ geringer gefunden, als man aus der angenommenen Sonnenentfernung von $20^2/_3$ Mill. Meilen gefolgert hatte. Man hatte den Unterschied der störenden Sonneneinwirkung auf Voll- und Neumond grösser gefunden, als die Berechnung es forderte, und endlich hatte sich gezeigt, dass in den gegenseitigen Wirkungen der Erde und Venus auf einander die erstere ein merkliches Uebergewicht zeigte, während unter Annahme der obigen Sonnenentfernung Venus und Erde gleichviel Masse haben müssten. Alles dies zusammengenommen schien eine Verringerung der Sonnenentfernung nöthig zu machen. Deshalb schlug Winnecke in Pulkowa vor, an zwei in Meridianrichtung sehr entfernten Orten der Erde den Mars gleichzeitig mit denjenigen

Sternen zu vergleichen, die man im Voraus dazu ausgewählt hatte. Pulkowa und das Cap der guten Hoffnung, sind beides Sternwarten ersten Ranges, und hier wurden von Winnecke und Maclear die bezüglichen Beobachtungen angestellt. Sie ergaben mit grosser Uebereinstimmung die Parallaxe der Sonne = 8",965, nach welcher für die Sonne wie für die andern Körper die bezüglichen Angaben in dieser Auflage neu berechnet worden sind.

In den Oppositionen glänzt Mars ziemlich stark mit einem rothen Lichte, das sogar dem freien Auge noch bestimmter als im Fernrohr sich ausspricht. In letzterem bemerkt man zwar zuweilen röthliche Flecke, allein im Ganzen ist dennoch der Eindruck des Gelben vorherrschend, freilich nicht in dem Maasse wie bei Jupiter. In der Erdnähe, besonders wenn die Opposition des Mars mit seinem Perihel nahe zusammentrifft (was beiläufig alle 15 Jahre geschieht, in welcher Zwischenzeit sich sieben Oppositionen ereignen), kann man durch gute Fernröhre Flecke verschiedener Art auf ihm wahrnehmen. Am auffallendsten sind zwei weisse sehr stark glänzende Flecke, die ganz oder doch nahe die beiden Pole der Kugel bezeichnen und abwechselnd grösser und kleiner werden, je nachdem der betreffende Pol sich seinem Winter oder seinem Sommer nähert. Stets erscheint dieser weisse Fleck (gewöhnlich sieht man nur einen an dem uns zugewandten Pole) gegen die übrige Kugel scharf begrenzt. *Maraldi* war 1716 der Erste, der diese Flecke wahrnahm, und sie sind seitdem von Allen, die den Mars aufmerksam beobachteten, bemerkt worden. Auch andere Flecke von verschiedener Färbung und Intensität zeigen sich auf der Scheibe (vergl. die Mars-Hemisphären auf Taf. I.), und ihre schon in kurzer Zeit merkliche Fortrückung zeigt bald, dass Mars eine Rotation habe, die in gleichem Sinne wie die der Erde und der übrigen Planeten, nämlich von W. nach O., vor sich geht. *Herschel* war der Erste, der sich mit der Bestimmung dieser Periode und der übrigen Rotationselemente längere Zeit gründlich beschäftigte, und aus seinen von 1777—1781 angestellten Beobachtungen ergiebt sich eine Umdrehungszeit von 24^h 39′ 21″, *Cassini* hatte 24^h 40′, *Huth* in Mannheim 24^h 43′ gefunden, aus *Kunowsky's* in den Jahren 1821 und 1822 angestellten Beobachtungen folgt 24^h 36′ 40″. Es schien, dass diese Resultate sich weiter von einander entfernten, als die mögliche Genauigkeit der Beobachtungen gestattete, deswegen unternahmen *W. Beer* und der Verf. gemeinschaftlich eine neue Bestimmung. Wir erhielten:

aus Beobachtungen vom 14. September bis 20. October 1830
$24^h\ 37'\ 10''$

aus der Verbindung dieser Beobachtungen mit denen von 1832
24 37 23,7 (die sicherste)

und diese abermals mit 1837 verbunden
24 37 20,4

Auch 1828, 1835 und 1839 hatten wir den Planeten beobachtet, doch eignen sich diese letzteren Oppositionen weniger zur Rotationsbestimmung. Das Marsjahr hat nach unserer Bestimmung gerade einen Tag mehr als nach *Herschel*, und wenn man diesen Unterschied berücksichtigt, so folgt aus den *Herschelschen* Beobachtungen, genau reducirt, eine von der unsrigen nur um $2^1/_2$ Sekunde sich entfernende Periode.

Nach *Bessel's*, von *Oudemans* berechneten, Messungen liegt der aufsteigende Knoten des Marsäquators auf der Ekliptik in $79^0\ 1'$ der Länge und seine Neigung gegen die Ekliptik ist $28^0\ 51'$; woraus weiter die Neigung gegen die Marsbahn $27^0\ 16'$ und der aufsteigende Knoten in derselben $80^0\ 50'$ folgt*). Der Unterschied der Jahreszeiten sowohl als die Ungleichheit der Tage und Nächte ist folglich auf Mars um etwa $^1/_6$ grösser, als auf unserer Erde.

Weder *Bessel* noch *Winnecke* konnten übrigens die geringste Abplattung wahrnehmen. *Main* findet sie $^1/_{62}$, d. h. viel zu klein, um verbürgt werden zu können, und das gleiche gilt von *Schröters* Bestimmung $^1/_{81}$. So weit die Rotation es zu schliessen gestattet, kann die Abplattung des Mars kaum so gross als die der Erde sein.

Die herausgebrachte Rotation ist die Länge eines Sterntages; der Ueberschuss des Sonnentages beträgt für Mars $2'\ 12'',0$, der Sonnentag selbst folglich $24^h\ 39'\ 35'',7$, und so besteht das Jahr des Mars aus $668^1/_3$ seiner Tage (jedes dritte Jahr kann man als ein Schaltjahr von 669 Tagen ansehen). Hiervon fallen

von der Frühlingsnachtgleiche (der Nordhalbkugel) bis zum Sommersolstitium 191 Tage (Frühling im N.; Herbst im S.) von da bis zur Herbstnachtgleiche 181 Tage (Sommer im N.; Winter im S.)	372 Tage.
von dieser bis zum Wintersolstitium $149^1/_3$ Tage (Herbst im N.; Frühling im S.) von da bis zur Frühlingsnachtgleiche 147 Tage (Winter im N.; Sommer im S.)	$296^1/_3$ Tage.

---

*) Was wir Frühlingsnachtgleichenpunkt nennen, liegt folglich bei Mars in $260^0\ 50'$ der Länge.

Da sich nun aber die Stärke des Sonnenlichts im nördlichen Sommersolstitio zu der im südlichen wie 20 : 29 verhält (in Folge der starken Excentricität der Bahn), so folgt, dass der Süden im Sommer eine kräftigere, der Norden dagegen eine länger dauernde Wärme geniesst, dass dagegen im Winter die Südhalbkugel in beiden Beziehungen im Nachtheil steht. Also:

Nordhalbkugel: Langer gemässigter Sommer, kurzer milder Winter;

Südhalbkugel: Kurzer heisser Sommer, langer strenger Winter.

Wir würden auf unserer Erde Aehnliches bemerken, wenn die Excentricität nicht so unbedentend wäre. Auch bei uns sind Frühling und Sommer der Nordhalbkugel etwa 7 Tage länger, als in der südlichen, und die Extreme beider Jahreszeiten müssen, so weit es vom Sonnenstande abhängt, im Süden etwas weiter auseinander liegen: allein beides wird unmerklich und verschwindet im Vergleich zu andern, rein physichen Differenzen, die von der Bodengestaltung und der Vertheilung der Landmassen abhängen.

Anders dagegen auf Mars. Der erwähnte weisse Fleck, der wechselsweise im Norden und im Süden gesehen wird, verändert seine Ausdehnung beträchtlich; er zeigt dies sowohl, wenn man die Beobachtungen einer einzelnen Opposition unter sich, als auch, wenn man die in verschiedenen Jahren gemachten mit einander vergleicht. Da wir aus der oben angegebenen Axenstellung berechnen können, welcher Erden-Jahreszeit eine gewisse Stellung des Mars analog sei, so gebe ich im Folgenden die von uns angestellten Beobabachtungen über die Ausdehnungen des Flecks.

Tag d. Beobacht.			Entsprechende Jahresz.		Halbkugel.	Ausdehnung des Flecks in Marsgraden.	
1830	Aug.	31.	Dec.	16.	S.	13°	46′
—	Sept.	10.	—	23.	S.	11	30
—	—	15.	—	26.	S.	7	10
—	Octbr.	2.	Jan.	7.	S,	6	20
—	—	5.	—	9.	S.	5	46
—	—	20.	—	19.	S.	8	2
1837	Jan.	12.	Mai	4.	N.	32	24
—	März	7.	Juni	4.	N.	28	0
1839	Febr.	26.	—	17.	N.	22	54
—	April	1.	Juli	4.	N.	18	24
—	—	16.	—	12.	N.	15	20
—	Mai	1.	—	20.	N.	18	0

Alle diese Beobachtungen betreffen den Sommer, und es ist klar, dass der in seinem Winter stehende Pol uns abgewandt und verborgen ist, dass also ein Polarfleck, wenn er dennoch sichtbar werden soll, sich sehr weit abwärts vom Pole erstrecken müsse. Am 7. und 18. März 1837, vielleicht auch schon am 7. Februar, war eine matte, doch sichere Spur eines weissen Lichtes am südlichen Rande der Scheibe sichtbar. Nimmt man an, dass es nur ½ Sekunde breit gewesen (wohl die geringste, bei der es sich noch merklich machen kann), so folgt, dass es sich bis zum 55° S. B. forterstreckt habe, dass also sein Durchmesser (diese Breite rings herum angenommen) 70° betragen habe. Dagegen ist 1830 und 1832, wo die Nordhalbkugel in ihrem Winter stand, nichts von einem solchen Lichte wahrgenommen worden, obgleich die grössere Nähe des Mars in diesen beiden Oppositionen die Sichtbarkeit hätte begünstigen müssen.

Vergleicht man diese Data, so ergiebt sich, dass die Flecke beider Pole wechselsweise sich verengern und erweitern, dass die Jahreszeit, wo die Durchmesser der Erde in ihrem Minimo stehen, mit der Mitte des Juli und resp. Januar unserer Erde übereinstimmt, endlich dass der Südpolfleck sich in viel engere Grenzen zusammenzieht, dagegen auch im Winter viel weiter sich ausdehnt, als der gegenüberstehende Nordpolfleck.

Und dies stimmt auf eine wahrhaft überraschende Weise genau mit dem Jahreszeitverhältniss des Mars überein, was wir oben betrachtet haben, wenn wir annehmen, dass wir in diesen glänzendweissen Flecken einen Winterniederschlag erblicken. Die Farbe führt am natürlichsten auf Schnee, und schon frühere Beobachter haben deshalb diesen Flecken den Namen Schneezonen gegeben. Wenigstens ist auf unserer Erde nichts zu finden, was in grossen Massen einen so blendenden Glanz veranlassen könnte, als die Schneegürtel unserer Pole. Auf keinem der anderen Planeten gewahren wir so scharf kontrastirende Flecke, und ich entsinne mich einer Beobachtung im Jahre 1837, wo Mars hinter Gewölk verschwunden war, der weisse Fleck aber dennoch im Fernrohr sichtbar blieb und wie ein Fixstern das Gewölk durchbrach.

§. 126.

Wenn wir auf Mars einen unserm Schnee analogen Winterniederschlag annehmen, so folgt von selbst, dass wir auch eine Atmosphäre setzen müssen, welche Dünste aufnimmt und wieder fahren lässt: das wirkliche Vorhandensein einer solchen geht am entschiedensten aus der Wahrnehmung hervor, dass die übrigen Flecke der Kugel nur dann ziemlich deutlich er-

scheinen, wenn sie in den mittleren Gegenden der Scheibe stehen, dass sie aber unkenntlich werden oder ganz verschwinden, wenn sie sich dem Rande nähern.

Am deutlichsten zeigen sich die Flecke stets da, wo das Sonnenlicht unter dem grössten Winkel einfällt, also in der Sommerhalbkugel. Ob atmosphärische Trübungen uns hindern, die der Winterzeit eben so gut zu sehen, oder ob es blos vom Einfallswinkel direkt abhängt, lässt sich nicht entscheiden. Die schwärzesten und massenhaftesten Flecke zeigen sich in der Südhalbkugel zwischen 20° und 40° Breite. In den übrigen Gegenden sind sie viel mehr verwaschen, auch meist so matt, dass es sehr günstiger Umstände bedarf, um über sie zur Gewissheit zu gelangen. 1837 zeigte sich zunächst am weissen Polarfleck eine schwarzdunkle Zone, die aber nach der Aequatorseite zu keine bestimmte Grenze hatte, wiewohl sie sich an einigen Stellen knotenartig vergrössert und verdichtet zeigte. (Die Jahreszeit harmonirte mit dem Anfang unseres Mai.) Im Jahre 1839 war diese schwärzliche Zone weit matter und unbestimmter und zeigte sich nur an einzelnen Stellen deutlich (Jahreszeit unserem Juli gleich). Es rührt dies höchst wahrscheinlich vom schmelzenden Schnee her, der im hohen Sommer schon besser abgedunstet war als in der Mitte des Frühlings. — Die röthlichen Stellen, welche einigemal wahrgenommen wurden, zeigten sich meist in den Gegenden, welche auf mehreren Seiten von schwarzen Flecken begrenzt waren: sie hatten Aehnlichkeit mit einem sanften Abendrothschimmer auf der Erde.

Schröter will auch Flecke auf der Marskugel beobachtet haben, die ihren Ort selbst veränderten, und er vermuthet, dass es wolkenähnliche Verdickungen waren, die von Winden getrieben wurden. Wir haben dergleichen freilich nie wahrgenommen, indess würde dies kein Widerspruch gegen jene Schlussfolge sein. Nur die grosse Raschheit dieser Bewegungen (40 bis 60mal stärker als die unserer Stürme) dürfte Zweifeln unterliegen, denn wenigstens *Schröter's* Instrumente waren nicht darauf eingerichtet, so subtile Beobachtungen möglich zu machen auf eine vor jeder Täuschung gesicherte Weise. Wo sich eine Atmosphäre befindet und Schnee niederschlägt, wo Jahreszeiten mit einander abwechseln, wird es auch nicht an Wolken und Winden fehlen, allein da selbst in der grössten Erdnähe des Mars eine Bogensekunde gegen 40 Meilen umfasst, so würde eine Bewegung, die von der Rotationsbewegung verschieden und uns wahrnehmbar sein sollte, eine sehr rasche sein müssen.

An Bergschatten ist bei den erwähnten Flecken übrigens nicht zu denken. Mars müsste uns wenigstens bis auf 1 Million Meilen nahe kommen und seine Phase weit beträcht-

licher sich verändern, wenn Berge, wie die des Mondes oder der Erde, sich selbst im stärksten Fernrohr durch ihre Schatten verrathen sollten; und alsdann würden wir diese doch nur längs der Lichtgrenze, nicht in den Mittelgegenden der Scheibe sehen. Weit wahrscheinlicher ist eine andere Vermuthung, dass der Gegensatz des Dunkeln und des Hellen sich auf den zwischen Oceanen und Continenten bezieht. Könnten wir die Erde aus grossen Fernen betrachten, so würden die Meere, die grossen Urwälder, die Sumpfstrecken, verglichen mit den Sandwüsten, Gebirgen, angebauten Gegenden u. s. w., ähnliche Kontraste der Färbung erzeugen. — Gebirgsartige Ungleichheiten mag dieser Planet allerdings haben, nur sie von der Erde aus wahrzunehmen, wenn sie nicht 20 und mehr Meilen hoch sind, ist nie zu erwarten.

§. 127.

Die Ungleichheit der Tage und Nächte ist bei Mars bedeutender als bei der Erde, die Dauer der Dämmerung aber wahrscheinlich etwas kürzer, theils wegen des kleineren Sonnendurchmessers (19′,5 bis 23′,9, während er für die Erde auf 32′ steigt) und auch wohl, weil seine Atmosphäre wahrscheinlich dünner ist als die unsrige, da sich diese — caeteris paribus — nach der Schwere an der Oberfläche richten wird. Nachstehende Uebersicht vergleicht seine längsten und kürzesten Tage mit denen unserer Erde; das Zeitmass für beide sind Erdenstunden.

	Kürzester Tag.				Längster Tag.			
	Mars		Erde		Mars		Erde	
Aequator	12	26′	12^h	6′	12^h	26′	12^h	6′
Breite 5°	12	7	11	53	12	45	12	20
10	11	47	11	38	13	6	12	35
15	11	24	11	22	13	29	12	51
20	10	59	11	5	13	55	13	9
25	10	31	10	45	14	22	13	30
30	10	0	10	20	14	53	13	55
35	9	25	9	52	15	30	14	25
40	8	44	9	19	16	13	15	0
45	7	56	8	43	17	5	15	38
50	6	59	8	2	18	7	16	21
60	3	9	5	49	23	2	18	50
70	—		—		169	Marst.	69	Erdent.
80	—		—		259	—	133	—
90	—		—		338	—	187	—

Für die Strahlenbrechung ist hier bei Mars und Erde dasselbe Verhältniss angenommen, welches für die Durchmesser beider Körper statt findet.

Mars wird, als oberer Planet, in den Oppositionen rückläufig. Bei seiner starken Excentricität ist die Dauer der Rückläufigkeit so wie der Bogen derselben sehr veränderlich. Erstere wechselt von 62 bis 81 Tagen;
letzterer von 11° 8′ bis 19° 30′.

Die Planetoiden.

§. 128.

Die Vermuthung, dass es ausser den fünf bereits den ältesten Völkern bekannten Planeten noch andere gebe, ist bereits vor 2000 Jahren geäussert worden, nur freilich ganz unbestimmt und ohne irgend welche nähere Begründung. Bestimmter tritt sie zuerst bei *Kepler* auf, der in seinem Mysterium Cosmographicum sich sehr bestimmt äussert: inter Jovem et Martem interposui planetam.“ Doch erst in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts nahm man die Vermuthung wieder auf und sann auf Mittel, die *Kepler*'sche Interpolation am Himmel zu realisiren.

Zuerst *Lambert*, und ihm folgend *Titius*, *Bode* und *Wurm* machten auf die Lücke aufmerksam, die sich in einer übrigens ununterbrochenen Reihe zeigte, und zu deren Ausfüllung es nöthig sei, einen Planeten in der Entfernung = 2,8 (58 Millionen Meilen) anzunehmen; und *Lalande*, der 1796 in Gotha einen astronomischen Congress veranstaltete, brachte eine Theilung in Vorschlag, wonach jeder Astronom eine gewisse Region des Himmels durchforschen sollte, um nach diesem Planeten zu suchen. Doch die wirkliche Entdeckung sollte von einer andern Seite kommen und in ganz anderer Weise ausgeführt werden.

Joseph Piazzi, Direktor der Sternwarte zu Palermo, war schon seit einem Decennium beschäftigt, durch genaue Beobachtung ein bis dahin so gut als ganz entbehrtes Fixsternverzeichniss zu Stande zu bringen. Zur Leitung bei diesen Beobachtungen bediente er sich des (sehr unvollkommenen) *Wollaston*'schen Catalogs. Eine darin vorkommende falsche Notiz, der er auf die Spur kommen wollte, veranlasste ihn,

die Gegend des Himmels, wo der betreffende Stern stehen sollte, genauer zu untersuchen; zu welchem Ende er alle, auch die schwächeren Sterne hier herum genau notirte. So hatte er am 1. Januar 1801, also gerade am Neujahrhundertstage, einen kleinen Stern beobachtet und verzeichnet, der am folgenden Abend nicht mehr an dieser Stelle stand, während in einiger Entfernung ein vorher dort nicht gesehener sich zeigte. Da auch am 3. Januar eine abermalige ähnliche Ortsveränderung vorkam, so hielt sich *Piazzi* überzeugt, einen Wandelstern gefunden zu haben. Zuerst dachte er an einen Kometen, er beobachtete ihn fortwährend, bis am 11. Februar schlechte Witterung und bald darauf eine gefährliche Krankheit *Piazzi's* die Beobachtungen unterbrachen.

Er hatte sofort mehreren Gelehrten, auch *Bode* in Berlin, Nachricht von seiner Entdeckung gegeben und die Beobachtungen mitgetheilt. Dieser war nach genauer Vergleichung der Oerter zur Ueberzeugung gelangt, dass hier kein Komet, sondern höchstwahrscheinlich der lange vermuthete Planet beobachtet worden sei: eine Meinung, der nach einigen Zögern auch *Piazzi* selbst beitrat und den neuen Planeten, Kraft seines Rechts als Entdecker, Ceres benannte.

Nun aber hatte man, ausser den *Piazzi*'schen bis zum 11. Febr. reichenden Beobachtungen nirgend andere erhalten, denn als die Nachricht von der Entdeckung anlangte, war der nahen Sonne wegen keine Beobachtung der Ceres mehr möglich, und erst im Herbst konnte man sie in den Morgenstunden wieder aufsuchen. Es galt also, aus nur sechswöchentlichen Beobachtungen die Bahn so genau abzuleiten, dass der Planet wieder gefunden werden könne — eine in der astronomischen Praxis gänzlich neue Aufgabe. Viele versuchten sich an ihr, allein immer unter Voraussetzungen, die insbesondere die Form der Bahn betrafen, und man erhielt so viele verschiedene Resultate, dass die Hoffnung ihn wiederzufinden, je länger desto ungewisser wurde.

Auch ein junger noch wenig bekannter Mann, Dr. *Gauss* in Göttingen, hatte die Aufgabe nach einer eignen von ihm entwickelten Methode unternommen und die Resultate veröffentlicht, die aber wenig beachtet wurden. Nur *Olbers* in Bremen prüfte die Arbeit *Gauss'* näher, gewann dadurch die Ueberzeugung von ihrem hohen Werthe und legte sie bei seinen Nachsuchungen zum Grunde. Und so gelang es ihm, am Jahrestage der Entdeckung (1. Jan. 1802) die schon fast verloren gegebene Ceres wiederzufinden.

Nun war die Entdeckung gesichert, denn mit Zuziehung dieser zweiten Erscheinung konnte jetzt die Bahn so genau

bestimmt werden, dass ein abermaliges Verlieren undenkbar ist.

Der sehr geringe Glanz macht Ceres auch für das schärfste unbewaffnete Auge unsichtbar; man musste hieraus auf eine sehr geringe wirkliche Grösse schliessen, und in der That sind direkte Messungen zwar mehrfach versucht worden und haben manche Astronomen, z. B. *Schröter*, irre geführt; doch bis jetzt noch nirgend gelungen. Indess werden wir weiter unten sehen, dass man auf einem andern Wege die Frage zu lösen versucht hat.

Die mittlere Entfernung der Ceres ergab sich = 2,77 oder sehr nahe 54¼ Mill. Meilen, und dies passte so gut in die Reihenfolge, dass man allgemein die Lücke als ausgefüllt betrachtete und niemand an das dachte, was jetzt folgen sollte.

§. 129.

Am 28. März 1802 entdeckte nämlich *Olbers* einen zweiten, der Ceres sehr ähnlichen, kleinen Planeten, der in derselben mittleren Entfernung wie Ceres um die Sonne lief, wiewohl übrigens die Bahnen beider eine sehr verschiedene Form und Lage haben. Diese ganz unerwartete Entdeckung veranlasste manche Controverse. Einige hielten „Pallas“ gar nicht für einen Planeten: seine sehr starke Neigung und Excentricität, so wie eine von *Schröter* um ihn gesehene Nebelhülle schien auf einen Kometen zu deuten. Aber die Nebelhülle war nichts als eine optische Täuschung in den unvollkommenen Teleskopen *Schröters*, und das ganze Verhalten des neuen Weltkörpers unterschied ihn zu sehr von den Kometen. Andere — und *Olbers* selbst — nahmen eine Theilung eines frühern grössern Planeten in zwei — oder noch mehrere — kleinere an, und der Umstand, dass Ceres und Pallas Bahnen an einem Punkte des Planetenraumes sehr nahe zusammenkamen, schien diese Meinung zu bestätigen. Sie veranlasste, die betreffende gemeinschaftliche Region genauer zu untersuchen, und in der That fanden, von ihr geleitet, *Harding* in Göttingen am 1. Sept. 1804 die Juno, und *Olbers* am 29. März 1807 die Vesta.

In Beziehung auf diese vielbesprochene und in der mannigfaltigsten Gestalt aufgetauchte Hypothese möge hier *Olbers* Brief an *Bode* eine Stelle finden:

Bremen am 3. April 1807.

„Mit dem grössten Vergnügen eile ich Ihnen, theuerster Freund, anzuzeigen, dass ich so glücklich gewesen bin, am 29. März abermals einen neuen Planeten von der Familie der Asteroiden, zu entdecken. Diesmal war

die Entdeckung eigentlich kein Zufall, und hätten Witterung und Mondschein es nicht verhindert, so würde ich diesen Mitbürger unsers Sonnensystems wenigstens schon 14 Tage früher aufgefunden haben. Nach meiner Hypothese über diese Asteroiden nämlich — deren Wahrheit oder Falschheit ich übrigens dahingestellt sein lasse, und die ich nur dazu benutze, wozu Hypothesen nur überhaupt nützlich sein können, nämlich uns bei Beobachtungen zu leiten — habe ich, wie Ihnen bekannt ist, gefolgert, dass alle Asteroiden, deren es noch sehr viele geben mag, den nordwestlichen Theil des Gestirns der Jungfrau und den westlichen des Wallfisches passiren müssen. Regelmässig durchmustere ich also jeden Monat einmal einen mir mit allen seinen Sternen sehr bekannt gewordenen Theil desjenigen dieser beiden Gestirne, der gerade seiner Opposition am nächsten ist."

Die hier angedeuteten Nachsuchungen hat *Olbers* noch dis zum J. 1817 fortgesetzt, doch eine weitere Planetenentbeckung gelang ihm nicht, und es blieb 39 Jahre lang bei 11 Planeten.

Auch von anderer Seite verlautete nichts oder doch nichts Sicheres. *Wartmann* in Genf (1832) und *Cacciatore* in Palermo (1835) glaubten neue Planeten gefunden zu haben, aber weder dem einen noch dem andern gelang es sie wiederzufinden, nachdem trübes Wetter eine Unterbrechung veranlasst hatte.

Da verkündete plötzlich die Berliner Zeitung, dass *Hencke*, Postmeister zu Driesen in der Neumark, am 8. December 1845 einen neuen Planeten entdeckt habe. Der merkwürdige Fund bestätigte sich auf der Berliner Sternwarte: er gehörte zur Familie der kleinen Planeten und ward Asträa benannt.

Und von dieser Zeit an ist kein Jahr, ja in der letzten Zeit kein Vierteljahr vergangen, wo nicht neue Planetoiden entdeckt wurden. Bis zur Gegenwart ist die Zahl durch Entdeckung mehr gestiegen, und noch deutet nichts auf einen neuen Stillstand oder selbst nur auf eine abnehmende Frequenz der Entdeckungen.

§. 130.

Dieser Verlauf ist Vielen so unerklärlich erschienen, dass sogar die Meinung, die neuesten in den letzten Jahren aufgefundenen Planeten möchten wohl neu entstanden sein, alles Ernstes geäussert worden ist. Das Nachfolgende wird hoffentlich zur Erklärung genügen.

Die zehn Jahre hindurch, nach Entdeckung der Vesta, erfolglos fortgesetzten Nachsuchungen des Himmelskundigen

Olbers hatten die Astronomen überzeugt, dass entweder die Reihe abgeschlossen sei, oder die noch aufzufindenden noch beträchtlich lichtschwächer als die 4 gefundenen sein müssten. Zu ihrer Auffindung genügte nun keinesweges, wie Viele wohl meinen, die Anwendung stärkerer Fernröhre. Wenn man noch unter die 7. und 8. Grösse — von welcher schon gegen 30000 Sterne am Himmel stehen — herabgehen soll, so hat man mit Hunderttausenden, ja Millionen von teleskopischen Sternen zu thun. Wo waren diese registrirt, katalogisirt und ihrem genauen Orte nach in Sternkarten eingetragen? Und woran sollte man den neuen Planeten, der sich äusserlich von einem lichtschwachen Fixstern in gar nichts unterscheidet, als solchen herausfinden?

Nur die Beschaffung solcher sehr ausführlichen Karten und Kataloge konnte auf neue Entdeckungen der Art hoffen lassen, und dahin also waren lange Zeit hindurch die vereinigten Bemühungen gerichtet.

Wir werden in dem Abschnitt über Fixsterne diese umfassenden — übrigens noch lange nicht beendeten — Arbeiten näher specificiren. Hier genüge die Bemerkung, dass wir jetzt bereits gegen 300000 Sterne in Karten und grösstentheils auch in Katalogen niedergelegt haben. Zu Anfang des 19. Jahrhunderts gab es sogar noch einzelne Sterne der 6. Grösse, die unbeachtet geblieben waren; jetzt dürften von der 7. und 8. Grösse wohl alle, von der 9. die meisten, und selbst von der 10.—12. schon viele, namentlich in der Umgegend der Ekliptik, beobachtet sein und mit Sicherheit am Himmel verglichen werden können.

Jetzt also können die stärkeren Fernröhre nach dieser Richtung hin ihre Kraft bewähren, und einzelne Astronomen, die sich vorzugweise oder ausschliesslich diesen Forschungen widmen, haben deshalb auch eine reiche Ernte gehalten, wie sie ein *Piazzi* und *Olbers*, bei mindestens gleichem Fleisse und Beharrlichkeit, zu ihrer Zeit nicht halten konnten. So haben *Hind* 10, *Goldschmidt* 12, *Gasparis* 7, *Luther* 8, *Chacornac* 5, *Pogson* 3 Planeten entdeckt. Dazu kommen *Olbers*, *Hencke*, *Ferguson* und *Laurent* mit je 2 Planeten, so dass als einzelne Entdeckungen nur die von *Piazzi*, *Harding*, *Graham*, *Marth* und *Searle* übrig bleiben.

Schon aus dieser Zusammenstellung sieht man, dass von einer reinen Zufälligkeit der Entdeckungen nicht die Rede sein kann. Wohl mag in einzelnen Fällen ein günstiger Zufall mitwirken, aber sicherlich nicht der zehnte Theil dieser Körper wäre uns bekannt geworden, hätten nicht planmässige Nachforschungen in günstigen Klimaten und unterstützt von einem

gründlichen astrographischen Studium, Statt gefunden. Das gerade ist das deutlichste Kennzeichen des Fortschritts der Wissenschaften, dass der Spielraum des blinden Zufalls sich je länger desto mehr verengert, und die Erweiterung unserer Kenntnisse nicht als das Ergebniss eines blossen Herumtappens und Probirens, sondern des beharrlichen, von gründlicher Sachkenntniss geleiteten Fleisses der Forscher erscheint.

Die oben erwähnte Hypothese einer gemeinschaftlichen Durchgangsregion hat sich nicht bestätigt. Die Bahnen der Planetoiden greifen so vielfach in einander, dass nahe Vorübergänge nicht bei Ceres und Pallas allein, sondern bei vielen Paaren vorkommen, aber in den verschiedensten Regionen des Himmelsraumes.

Eben so wenig ist die nahezu gleiche Distanz (2,77), welche der Ceres und Pallas zukommt, massgebend für die übrigen kleinen Planeten, vielmehr kommen die verschiedensten Distanzen von 2,20 bis 3,16 (44 bis 62 Mill. Meilen) bei ihnen vor. Nimmt man hinzu, dass dies nur die mittleren Entfernungen sind, und die oft beträchtlichen Excentricitäten den Spielraum noch sehr erweitern (die Sonnennähe der Phocea = 35 Mill.; die Sonnenferne der Euphrosyne = 76 Mill.) — eine Mächtigkeit von 19 oder gar eine solche von 41 Mill. Meilen kann man dann gewiss keine schmale Zone nennen; sie übertrifft vielmehr an Breite die von den 4 innern Planeten eingenommene, und doch kennen wir wahrscheinlich nur einen Theil derselben, denn Planetoiden, die beträchtlich weiter als 3,0 von der Sonne entfernt bleiben, werden wir nicht leicht zu Gesicht bekommen.

Will man die *Olbers*'sche Hypothese — wir haben oben gesehen, wie er selbst sich darüber äussert — in einer noch zulässigen Form beibehalten, so kann dies nur in folgender Weise geschehen:

Unter den Nebelringen, die sich von der allgemeinen in Verdichtung begriffenen Masse absonderten und aus denen die einzelnen Planeten entstanden, befand sich eine, in der kein Punkt eine so stark überwiegende Attraktion ausübte, dass alles um ihn sich concentriren musste. Vielmehr fanden sich in dem beträchtlich breiten Ringe viele einzelne Attraktionspunkte von nicht sehr verschiedener Kraft, und um jeden derselben sammelte sich etwas von der Nebelmasse, die auf diese Weise in viele kleine Nebelballen zerfiel, deren jeder sich zu einem kleinen Planeten concentrirte. Bei den Kometen, die aus noch unverdichteter (vielleicht auch der Verdichtung unfähiger) Masse bestehen, können solche Theilungen noch jetzt vor sich gehen, wie der *Biela*'sche Komet uns gezeigt hat.

Also kein Zertrümmern oder Zerspringen, keine Katastrophe eines schon fertig gebildeten Planeten, sondern eine aller Bildung vorausgehende, und in keiner Art gewaltsame Theilung mag angenommen werden. Sie hat nichts den bekannten Naturgesetzen Widersprechendes und nöthigt uns nicht zur Annahme einer so ungeheuerlichen Kraft, als die Zertrümmerung eines Planeten erforderlich macht.

§. 131.

Bei der so stark angewachsenen Zahl schien es das Zweckmässigste, sie nicht unter einzelne Paragraphen vertheilt, sondern tabellarisch aufzuführen. Die Zeitfolge der Entdeckung ist für sie gewählt, um nicht fortwährend Umstellungen und Einschiebungen nothwendig zu machen. Sie ist zugleich die des jetzt adoptirten Bezeichnungssystems, nach welchem statt der Symbole ⚳, ⚴ u. s. w. einfach Ceres durch (1), Pallas durch (2) u. s. w. bis zu (57) u. s. f. bezeichnet wird. Möglich, dass bei einer steigenden Anzahl auch die Namen, deren Wahl schon jetzt schwierig wird, künftig gar nicht mehr gegeben, sondern nur die Zahlbezeichnung angewandt werden dürfte.

Aus den Daten der 12. Columne ist zu ersehen, dass die meisten Entdeckungen in den Frühling und Herbst fallen. Der Winter ist meist zu trüb und die Nächte des Sommers haben zu viel Dämmerhelle und zu kurze Dauer. Es fallen auf den Januar 3, Februar 2, März 6, April 9, Mai 6, Juni 1, Juli 4, August 3, September 10, October 6, November 4, December 2 Entdeckungen von Planetoiden.

Die Zahlen der Columnen 3—5 enthalten die kleinste, mittlere und grösste Entfernung von der Sonne. Man übersieht leicht, dass die zuerst entdeckten Ceres unn Pallas eine etwas grössere Entfernung haben, als die durchschnittlich mittlere der 57 bekannten, die sich = 2,619 oder 54 Millionen Meilen ergiebt. 28 überschreiten dieses Mittel und 29 bleiben hinter demselben zurück.

Die 6. Columne giebt die Excentricitäten. Man findet, dass sie im allgemeinen Durchschnitt beträchtlich stärker sind als die der alten Planeten. 16 überschreiten die des Mercur, die meisten stehen in dieser Beziehung zwischen Merkur und Mars und nur 6 bleiben hinter der des Mars zurück. Die geringste Excentricität = 0,04608 zeigt Harmonia (40); die grösste = 0,33768 Polyhymnia (33). Hiernach muss bei vielen dieser Körper der Unterschied der Beleuchtung (und Erwärmung) zwischen Perihel und Aphel sehr beträchtlich ausfallen. Bei Polyhymnia ist das Verhältniss wie 4 : 1. Falls die Neigung der Axe bei diesen Planeten nicht sehr beträchtlich ist (was

wir nicht wissen können), so hat der ganze Planet gleichzeitig Sommer und Winter, denn eine viermal stärker strahlende Sonne muss, auch wenn sie tiefer steht, dennoch mehr Wärme zur Entwickelung bringen, als die nur im einfachen Verhältniss leuchtende.

Der Sonnendurchmesser, der für unsre Erde in den extremen Distanzen 15′ 45″,05 und 16′ 17″,29 zeigt, wechselt für diese so stark excentrischen Bahnen viel mehr. So erhält man die Sonnendurchmesser für Polyhymnia 4′ 10″,83 und 8′ 26″,60 u. s. w.

Die 8. Columne giebt den Ort des Perihels. Hier ergiebt schon ein allgemeiner Ueberblick, dass die Sonnennähen überwiegend auf eine Himmelshälfte fallen, diejenige nämlich, in deren Mittelpunkt die Plejadengruppe steht. Unter den 55 bis jetzt berechneten Bahnen fällt das Perihel bei 36 in diese, bei 19 in die entgegengesetzte Hälfte, und nimmt man die 8 grösseren Planeten hinzu, so erhält man 42 gegen 21. — Vorzugsweise sind es die stärkeren Excentricitäten, bei denen das Perihel in die Plejadenhalbkugel fällt.

Eine genaue Berechnung, bei welcher keine Richtung vorausgesetzt, sondern diese aus den vorhandenen Daten gesucht wird, ergab für 58 Planeten

Mittlerer Convergenzpunkt der Perihelien = 52° 25′ 7″,3 Länge.
Uebergewicht dieses Punktes = 0,26015.

Nennt man die beiden durch diesen Polpunkt bestimmten Halbkugeln *A* und *B*, so erhalten wir

in *A* 39 Planetenperihelien mit der mittleren Exentricität = 0,16159
in *B* 19 „ „ „ „ etc. = 0,13568.

Die 9. Columne giebt die Knotenlängen. Hier zeigt sich keine überwiegende Tendenz nach einem bestimmten Punkte hin. Nun ist allerdings hier nur die Rede von den Knotenpunkten in der Erdbahn; und wenn die Ebene der letztern die angemessenste für Bahn- und Ortsberechnungen ist, so kann sie doch da, wo die Ermittelung allgemeiner Naturverhältnisse in Frage kommt, objectiv keinen Vorzug vor den Ebenen der übrigen Bahnen beanspruchen. Es lässt sich aber, wie später gezeigt werden soll, eine mittlere Grundebene für sämmtliche Planetenbahnen finden, um welche herum sie im Gleichgewicht stehen. Reducirt man die Knoten (und Neigungen) auf diese, übrigens von der Ebene der Erdbahn nur wenig verschiedene Ebene, so wird dasselbe negative Resultat erhalten: es ergiebt sich für keinen Punkt des Umkreises ein deutliches Uebergewicht der Knotenlängen.

Die in der 7. Columne enthaltenen Neigungen gegen

die Erdbahn zeigen die verschiedensten Werthe zwischen 0° und 35°. Sie ändern sich nur wenig, wenn man sie auf die erwähnte Grundebene reducirt. So wird die Neigung der Pallas aus 34° 43′ in 34° 6′; die der Phocea von 21° 35′ in 22° 6′ verändert. Man sieht leicht, dass im Allgemeinen die grössten Excentricitäten den am stärksten geneigten Bahnen zugehören: ein regelmässiges Fortschreiten ergiebt sich jedoch nicht. So ist gerade die stärkste Excentricität (Polyhymnia) mit einer sehr geringen Neigung verbunden, und andrerseits haben Ceres und Egeria, die weniger als Mars von der Kreisform abweichen, Neigungen von $10^1/_2$, $16^1/_2$, die sich durch Reduction auf die Grundebene in 12° und $15^1/_2$ umgestalten. Um aber Mittelzahlen für einzelne Abschnitte zu bilden und durch eine Formel die Anomalien auszugleichen, ist die Anzahl der Planetoiden doch noch zu gering.

Columne 10 enthält die Umlaufszeiten. Da sie sich nach der *Kepler*'schen Regel einfach aus den mittleren Entfernungen herleiten, so ist über sie nichts Besonderes zu bemerken. Mehrere zeigen paarweis eine fast völlige Uebereinstimmung. So Metis (1346, 31 Tage) und Iris (1346, 46 T.); Unterschied $3^1/_2$ Stunden. Ferner Pandora (1683, 18 T.), Pallas (1683, 86 T.) und Laetitia (1684, 84 T.). Die kürzeste Umlaufszeit (Flora 1192, 99) verhält sich zur längsten (Euphrosyne 2048,01) nahezu wie 4 : 7.

Dass die synodischen Umlaufszeiten (Columne 11) nur so wenig verschieden sind, ist ein nothwendiges Ergebniss der so ähnlichen siderischen. Ariadne hat natürlich die grösste, sie kommt in 13 Jahren nur 9 mal in Opposition; während Euphrosine in 11 Jahren deren 9 darbietet. Am günstigsten für die Beobachtungen sind die Oppositionen, welche ganz oder nahezu mit dem Perihel der Bahn zusammenfallen.

Die letzte Columne der Tafel giebt die Epoche an, für welche die angeführten Elemente gelten. Sind gleich alle Planetenbahnen (wie alle Bahnen überhaupt) veränderlich, so sind doch bei den Planetoiden diese Veränderungen viel rascher und beträchtlicher, zugleich auch schwieriger zu bestimmen, als bei den alten Planeten. Dazu kommt, dass sie (die 4 ersten ausgenommen) erst seit wenigen Jahren, viele sogar erst in einer Opposition, beobachtet sind und man sich deshalb auch auf grössere Fehler der Elemente gefasst machen muss. Bei mehreren verhindert die grosse Lichtschwäche die Beobachtung in allen Oppositionen; schon mehr als einer hat gewissermassen zum zweiten Male entdeckt werden müssen und es wird kaum zu vermeiden sein, dass bei noch stärker anwachsender Anzahl in Zukunft einige wieder verloren gehen.

Für einige, wie beispielsweise Flora, haben *Brünnow* und *Hansen* Tafeln construirt, durch deren Hülfe man die Oerter eben so wie bei den alten Planeten findet. Ob es bei allen gelingen werde, lässt sich noch nicht sicher entscheiden, und eben so wenig kann man sicher sein, dass die Berechnung nach Tafeln sich für alle in praktischer Beziehung empfehlen werde. Jedenfalls muss bis dahin, dass die Elemente einigermassen sicher bestimmt sind, die successive Berechnung (Punkt für Punkt nach strenger chronologischer Folge) eintreten: ein mühsames und zeitraubendes Geschäft, worüber das Nähere in dem Abschnitt über Störungen nachzulesen ist.

§. 132.

Die Durchmesser der Planetoiden in die Tafel aufzunehmen, habe ich nicht für angemessen erachtet. Alle in dieser und den andern Tafeln vorkommenden Werthe sind, wenn gleich nicht absolut genau und künftiger Verbesserungen eben so sehr fähig als bedürftig, doch frei von hypothetischen Voraussetzungen, und auf direkte Beobachtungen gegründet. Diese Durchmesser aber lassen sich gar nicht oder nur höchst unsicher direkt messen, und die weiter unten aufzuführenden Durchmesser sind unter einer sogleich zu erwähnenden Voraussetzung erhalten.

Der Glanz (Grössenklasse), unter dem uns ein von der Sonne erleuchteter Weltkörper erscheint, ist abhängig von seinem Abstande von der Sonne, dem Abstande von der Erde, dem wahren Durchmesser und der Reflexionsfähigkeit (Albedo) der Planetenoberfläche. Sind von diesen 5 Werthen 4 bekannt, so lässt sich die eine unbekannte finden. Bei den alten, direkt messbaren Planeten ist alles bis auf die Reflexionsfähigkeit bekannt, denn der Glanz lässt sich, nach *Steinheil's* und *Seidel's* Untersuchungen, photometrisch in Zahlen ausdrücken. Dadurch hat man gefunden, dass die Albedo bei Saturn, Jupiter, Venus und Merkur, die eine gute Vergleichung gestatten, ganz oder nahezu gleich, und nur bei dem hochrothen Mars beträchtlich geringer ist. Die vier eben genannten Planeten sind nun sämmtlich weiss oder weissgelb, eben so (wenigstens so weit es beurtheilt werden kann) die Planetoiden; da sie nun überdiess, wie oben erwähnt, der gleichen Urmasse ihre Entstehung verdanken, so ist es nicht allzugewagt, anzunehmen, dass auch für sie die gleiche Reflexionsfähigkeit bestehe, wie für die alten Planeten.

Alsdann aber sind Glanz (Grössenklasse), Abstand von der Sonne und Abstand von der Erde unbedingt bekannt; und

eben so die Reflexionsfähigkeit unter der obigen Bedingung. Von den 5 Werthen ist also nur der Durchmesser unbekannt und aus den 4 andern durch Rechnung zu bestimmen.

Nach ***Seidel's*** Versuchen wird ein Körper, der aus der Entfernung 1 in die Entfernung 1,6 (von unserer Erde) versetzt wird, wenn alles Uebrige sich gleich bleibt, um e i n e Grössenklasse erniedrigt. Darauf gegründet hat ***Argelander*** 1857 die folgende Regel gegeben:

Es sei $b = 1,6$;

M die Grössenklasse bei $r = a$ und $\triangle = a - 1$

$$\begin{pmatrix} r \text{ Abstand von der Sonne} \\ \triangle \quad ,, \quad ,, \quad ,, \text{ Erde} \end{pmatrix}$$

m die Grössenklasse zur Zeit A, für welche die Werthe r_0 und $\triangle_0$ gelten

und man hat für den Durchmesser d in geographischen Meilen

$$\log d = 2{,}5126 - m \log b + \log r^0 + \log \triangle^0$$
$$= 2{,}5126 - M \log b + \log a + \log (a - 1).$$

Daraus hat er die folgenden O p p o s i t i o n s - G r ö s s e n - k l a s s e n und wahren D u r c h m e s s e r hergeleitet.

	M.	d.
Vesta	6,5	58,5
Ceres	7,4	49,0
Pallas	8,2	34,4
Iris	8,3	21,5
Hebe	8,4	21,5
Eunomia	8,5	25,5
Flora	8,8	13,9
Juno	8,9	23,0
Metis	8,9	16,7
Amphitrite	9,1	18,0
Parthenope	9,4	14,0
Melpomene	9,4	11,5
Egeria	9,4	15,8
Hygea	9,5	25,5
Fortuna	9,5	13,3
Irene	9,6	14,8
Urania	9,7	11,3
Psyche	9,6	20,0
Astraea	9,8	13,0
Victoria	10,0	11,5
Euterpe	10,2	8,7
Bellona	10,3	13,0

	M.	d.
Thetis	10,6	8,1
Thalia	10,7	9,0
Polyhymnia	11,3	8,2
Euphrosyne	11,3	11,2

Aehnliche Bestimmungen haben wir auch für die übrigen Planetoiden zu erwarten, wenn erst ihre Grössenklasse bestimmter festgestellt ist. Voraussichtlich werden die meisten derselben noch unter die vorstehend berechneten Durchmesser fallen. Daphne, Leda, Leucothea werden mit Durchmessern von 4 — 5 Meilen erscheinen, so weit dies bis jetzt beurtheilt werden kann.

Nimmt man die oben bestimmten Durchmesser an, so findet sich, dass alle 26 berechneten Planetoiden zusammengenommen nur $^1/_{234}$ vom Volumen unsers Mondes haben; und dass, wenn man nicht ganz beispiellose und unwahrscheinliche Dichtigkeiten annimmt, ihre Gesammtmasse eben so wirkungslos und unbedeutend wie die der Kometen erscheint. Die alten, für die zuerst gefundenen Planetoiden aus *Schröter's* Messungen gefolgerten Durchmesser, die dem unsers Mondes nahe kamen, müssen aufgegeben werden, wenn man nicht eine hundertmal geringere als die oben angenommene Reflexion setzen will.

Im April und Mai des Jahres 1847 kam Vesta der Erde sehr nahe und ich benutzte die damals in seltenem Masse Statt findende Heiterkeit und Ruhe der Luft, um im Dorpater Refractor einige Messungsversuche zu machen. Nach Abzug von 0",3 für Irradiation erhielt ich im Mittel 63 geogr. Meilen, was nahe genug mit den obigen $58^1/_2$ übereinstimmt. In ähnlichen mit Juno angestellten Versuchen habe ich nie eine messbare Figur erhalten können; und eben so wenig bei einigen andern. *Lamont* hatte früher für Pallas 139 Meilen erhalten; ich kann nach meinen Beobachtungen diesen Werth nicht für richtig halten, er ist jedenfalls viel zu gross.

Wenn Vesta ihre Opposition gegen Ende Mai erreicht, so steht sie nur $23^1/_2$ Mill. Meil. von der Erde und kann die 6. Grösse erreichen, also von guten Augen ohne Bewaffnung, bei genauer Kenntniss des Orts, aufgefunden werden. Mit dieser einzigen nur partiellen Ausnahme ist die gesammte Gruppe als teleskopisch zu bezeichnen, und mehrere der zuletzt entdeckten erfordern die Anwendung sehr kraftvoller Instrumente. Andre als solche Körper sind aber bei neuen Entdeckungen in der Planetenwelt nicht zu erwarten; denn auch

Neptun, wiewohl zu den grossen Planeten gehörig, ist doch der sehr beträchtlichen Entfernung wegen nur teleskopisch. — Uebrigens sind sie nicht, wie die alten Planeten, auf den sogenannten Zodiakus eingeschränkt: einige können in nahezu allen Gegenden des Himmels erscheinen.

Dass uns die Oberflächengestaltung, eben so wie die Axenstellung und ähnliches Individuelle bei diesen Minimen der Planetenwelt unbekannt ist und auch wohl bleiben dürfte, wird Jeder leicht ermessen. Nur über das Verhältniss der Schwere auf diesen Körpern sei hier noch einiges hinzugefügt. Unsere Erde ist entschieden einer der dichtesten Körper des Sonnensystems, setzen wir also die uns unbekannte Dichtigkeit der Planetoiden der der Erde gleich, so wird die Annahme schon eine reichliche genannt werden können, und dann ergeben sich beispielsweise,

für Vesta:

Schwere an der Oberfläche $1/30$ der bei uns statt findenden, so dass das Pfund dort zum Loth herabsinkt;
Fallhöhe in der ersten Sekunde 6 Zoll
Pendellänge für 1 Sekunde $1\,1/4$ Zoll.

für Thetis:

Schwere an der Oberfläche $1/212$; d. h. 212 Pfund sind dort nur 1 Pfund;
Fallhöhe in der ersten Sekunde $6/7$ Zoll
Länge des Sekundenpendels $1/6$ Zoll;
so dass unser Sekundenpendel dort $14\,1/2$ Sekunde zu einer Schwingung gebraucht.

Bei einem Durchmesser von $4\,1/3$ Meile (wie er z. B. für einige der neuesten nicht unwahrscheinlich ist) sinken die Schwereverhältnisse auf $1/400$; also die Fallhöhe auf $4/9$ Zoll und die Pendellänge auf 1 Linie; oder unser Pendel schwingt dort in 20 Sekunden. Eine so geringe Schwere kann fast gleich Null gesetzt werden; wenigstens würden wir dort keine Schwierigkeit finden, uns ohne alle Vorrichtungen so hoch in die Lüfte zu erheben, als es uns gefiele.

Zusatz.

In den Astr. Nachrichten Nr. 1123 hat *N. Pogson* die Grössen *M* für 24 der übrigen Planeten, die *Argelander* noch nicht berechnet hatte, gegeben, und ich habe die Durchmesser daraus abgeleitet, wie folgt:

	M.	d.
Massilia	9,1	15,3
Lutetia	10,3	9,2
Calliope	10,8	11,3
Themis	12,1	7,5
Phocea	10,5	7,9
Proserpina	10,8	8,9
Pomona	11,0	7,6
Leucothea	12,1	5,1
Atalante	12,9	4,4
Fides	10,7	10,2
Leda	10,9	8,4
Laetitia	8,6	27,3
Harmonia	9,1	22,2
Isis	10,9	5,6
Circe	11,5	4,9
Daphne	10,2	9,4
Ariadne	10,0	7,8
Nysa	10,7	9,6
Eugenia	11,6	6,4
Hestia	12,5	3,3
Aglaja	11,4	8,4
Doris	11,4	11,6
Pales	10,8	9,9
Virginia	12,4	4,3

Alle obern wie untern Planeten, und also auch die Planetoiden, werden in einem Theile ihrer Bahn, geocentrisch betrachtet, rückläufig; allein die Dauer des Rücklaufens sowohl als der Bogen sind höchst veränderlich wegen der starken Excentricitäten und Neigungen der meisten von ihnen. Statt bei jedem einzelnen die betreffenden Angaben aufzuführen gebe ich hier eine Tafel der m i t t l e r e n Werthe für die bei ihnen vorkommenden halben grossen Axen.

a	m	t	ϱ
30		79,2116	1° 24′ 53″,4
20		76,2276	1 57 14, 0
15		73,7533	2 26 35, 4
10		69,3650	3 17 4, 3
5	8 10,3	59,6670	5 5 15, 4
$4^7/_8$	8 20,9	59,2380	5 9 28, 7
$4^3/_4$	8 32,0	58,8016	5 13 52, 7
$4^5/_8$	8 43,7	58,3549	5 18 25, 7

a	m	t	ϱ
$4^1/_2$	8 55,9	57,8959	5° 23′ 6″,2
$4^3/_8$	9 8,7	57,4187	6 27 54, 7
$4^1/_4$	9 22,4	56,9239	5 32 52, 3
$4^1/_8$	9 36,6	56,4085	5 37 58, 3
4	9 51,5	55,8704	5 43 12, 8
$3^7/_8$	10 7,4	55,3078	5 48 36, 8
$3^3/_4$	10 24,2	54,7187	5 54 11, 7
$3^5/_8$	10 41,9	54,1014	5 59 55, 6
$3^1/_2$	11 0,6	53,4539	6 5 48, 7
$3^3/_8$	11 20,8	52,7742	6 11 53, 1
$3^1/_4$	11 42,3	52,0598	6 18 8, 9
$3^1/_8$	12 5,2	51,3082	6 24 35, 7
3	12 29,8	50,5168	6 31 12, 0
$2^7/_8$	12 56,2	49,6818	6 38 0, 0
$2^3/_4$	13 24,4	48,7996	6 44 59, 0
$2^5/_8$	13 55,3	47,8658	6 52 7, 5
$2^1/_2$	14 29,4	46,8754	6 59 24, 6
$2^3/_8$	15 6,4	45,8227	7 6 50, 8
$2^1/_4$	15 47,1	44,7009	7 14 23, 7
$2^1/_8$	16 29,1	43,5026	7 22 2, 8
2	17 19,3	42,2190	7 29 46, 1
$1^7/_8$	18 16,9	40,8406	7 37 24, 9
$1^3/_4$	19 16,9	39,3568	7 44 51, 7
$1^5/_8$	20 23,6	37,7563	7 52 4, 8
$1^1/_2$	21 42,2	36,0258	7 59 2, 2

In dieser Tafel bedeutet

- a die halbe grosse Axe;
- m der Bogen, welchen der Planet in dem Erdentage in dessen Mitte der Moment der Opposition statt findet, rückläufig beschreibt;
- t die Zeit von der Opposition bis zum Stillstande, also die halbe Dauer der gesammten Rückläufigkeit;
- ϱ der retrograd beschriebene Bogen von der Opposition bis zum Stillstande, also der halbe Bogen der retrograden Bewegung.

Diese Angaben wären streng richtig, wenn

1) sowohl Erde als Planet eine Kreisbahn beschreiben,
2) die Bahnebenen zusammenfielen und
3) die beiden Körper keinen Störungen unterworfen wären.

Sie können gleichwohl dienen, um sich ohne weitläuftige Rechnung aus den frühesten, um die Zeit der Opposition gemachten Beobachtungen eines neuen Planeten eine ohngefähre

Vorstellung von seinem mittlern Abstande und der zugehörigen Umlaufszeit zu machen.

Aeussere Planeten.

Jupiter.

§. 133.

Jupiter, der grösste Planet unseres Systems, überwiegt sowohl dem Volumen als der Masse nach alle andern zusammengenommen und würde, wenn die Sonne etwa verschwände oder zu wirken aufhörte, der Centralkörper des Systems werden. (Wenn die Erde in dem Augenblick, wo die Sonne zu wirken aufhörte, ihre mittlere Entfernung vom Jupiter hätte, so würde sie in dieser mit einer Umlaufszeit von 380 Jahren um ihn kreisen.)

Er vollendet seinen siderischen Umlauf in 11 Jahren 314 Tagen 20^h 2′ 7″; der tropische ist dagegen 11 J. 312 T. 20^h 14′ 10″, und der synodische 1 Jahr 23 T. 16^h. Seine mittlere Entfernung von der Sonne ist 5,202767 und seine Excentricität 0,0482235 mit einer sekulären Zunahme von 0,0001535. Die kleinste Entfernung war im Jahre 1840 = 4,951871 und wird nach 100 Jahren 4,951072 sein; die grösste war im Jahre 1840 = 5,453663 und wird im Jahre 1940 = 5,454462 sein. Den angegebenen Distanzen für 1840 entsprechen 98, 103, 108 Millionen geogr. Meilen und die Distanzen von der Erde variiren zwischen 133 und 82 Mill. Meilen. Da sein Perihel in 11° 45′ 32″,8 liegt, so findet die kleinste Distanz von der Erde dann statt, wenn er am 4. October in Opposition steht. Die jährliche Fortrückung des Perihels ist 56″,87.

Die grösste Mittelpunktsgleichung ist 5° 31′ 39″,0 mit einer Zunahme von 0″,635 jährlich.

Die Neigung seiner Bahn gegen die Ekliptik ist 1° 18′ 42″,4 mit einer Verminderung von jährlich 0″,23 und die Länge seines aufsteigenden Knotens 98° 48′ 37″,8.

Das Licht der Sonne ist auf ihm 27 mal, und wenn man auf die verschiedene Entfernung Rücksicht nehmen will, 24½ bis 29½ mal schwächer als auf unserer Erde, demnach gegen 15 mal schwächer als auf dem Mars in seiner Sonnennähe. Da nun Jupiters Scheibe, dem scheinbaren Flächeninhalt nach,

uns nur 4 mal grösser erscheint als die des Mars in der grössten Erdnähe, so würde folgen, dass Mars alsdann heller glänzen müsse als Jupiter, wenn bei beiden das zurückgeworfene Licht in gleichem Verhältnisse zum empfangenen steht. Allein gerade umgekehrt erscheint Jupiter beträchtlich heller als Mars, und wir können also hieraus schliessen:

entweder, dass Mars einen bei weitem grösseren aliquoten Theil des Lichtes absorbire als Jupiter,

oder, dass auf Jupiter, unabhängig vom Sonnenlichte, eine eigenthümliche Lichtentwickelung in beträchtlichem Maasse stattfinde.

Für welche der beiden Annahmen die grössere Wahrscheinlichkeit spreche, wird sich weiterhin ergeben.

Die Geringfügigkeit seiner Neigung so wie seiner Excentricität sind von grosser Wichtigkeit für die Stabilität des Sonnensystems. Bei einer Excentricität wie die der Juno würden die daraus entstehenden Störungen des Laufs anderer Planeten 27 mal stärker sein als gegenwärtig.

Um die Zeit seiner Opposition ist er 119 Tage (durchschnittlich) retrograd und er bewegt sich in dieser Zeit um 9° 59′ rückwärts.

Die Masse Jupiters ist eins der wichtigsten Elemente des Sonnensystems und kann gegenwärtig bei keiner einzigen auf eine Bahn innerhalb desselben sich beziehenden Berechnung entbehrt werden. Die frühere Bestimmung *Laplace's* von $^1/_{1070}$ war zu klein. *Nicolai* berechnete sie aus den Störungen, welche Juno erleidet, zu $^1/_{1054}$; ein nahe damit übereinstimmendes Resultat erhielt *Encke* durch die Störungen der Vesta. Als sicherer kann man gegenwärtig die von *Airy* aus den Abständen des vierten Jupiterstrabanten (s. weiter unten) berechnete ansehen: sie ist $^1/_{1048,69}$, d. h. $1048^{69}/_{100}$ Jupiterskugeln haben zusammen das Gewicht der einen Sonnenkugel. *Santini's* auf demselben Wege gefundenes Resultat ist $^1/_{1050}$; *Bessel's*, der sämmtliche 4 Monde zu diesem Zweck beobachtete, $^1/_{1046,7}$, und dies scheint der Wahrheit am nächsten zu kommen. Die Beobachtungsart, welche die drei zuletzt genannten Astronomen anwandten, verbürgt eine sehr grosse Schärfe, und noch mehr wird diese Bestimmung dadurch bestätigt, dass es *Galle* gelungen ist, die bedeutenden Fehler, welche in den berechneten Pallasörtern vorkamen, fast ganz wegzuschaffen, als er auf *Encke's* Anrathen die Airysche Jupitersmasse statt der Nicolaischen auf die Störungen der Pallas anwandte.

§. 134.

Der scheinbare Durchmesser Jupiters (in seinem mittleren

Abstande von der Erde) ist 38″,4 für den Aequator und 35″,9 von Pol zu Pol gemessen. Hiernach würde der Aequatordurchmesser 19138 und der polare 17861, der mittlere also 18500 geogr. Meilen betragen; der körperliche Inhalt 1247mal der der Erde sein und die Abplattung der Pole auf $^1/_{15,4}$ gesetzt werden müssen. *Arago* findet letztere indess nur $^1/_{17}$; jedenfalls ist sie äusserst beträchtlich und in einem etwa 40mal vergrössernden Fernrohr auch ohne Messung schon auffallend.

Für die Dichtigkeit Jupiters folgt aus diesen Bestimmungen 0.237 oder noch nicht $^1/_4$ der Erddichtigkeit, sie kommt am nächsten der der Sonne, die 0,252 beträgt Gleichwohl ist nicht anzunehmen, dass die Jupiterskugel hohl sei, wie weiter unten gezeigt werden soll, und die entgegengesetzte Annahme, dass Jupiters eigentlicher innerer Kern viel kleiner, und er von einer vielleicht einige tausend Meilen hohen atmosphärischen Nebelhülle umgeben sei, widerlegt sich durch die Schärfe des Randes. Eine solche Hülle würde sich nach aussen allmählig verlieren und dem Körper ein verwaschenes, kometarisches Ansehen geben. Es bleibt also nur übrig, anzunehmen, dass die Bestandtheile Jupiters 4 bis 5mal lockerer sind als die der Erde.

Jupiter dreht sich in einer für seinen grossen Durchmesser erstaunlich kurzen Zeit von 9^h 55′ 26″,56 um seine Axe, so dass die Rotationsbewegung nur um ein sehr Geringes ($^1/_{40}$) langsamer ist als die der Revolution. Die Neigung seines Aequators gegen die Ebene ist 3° 6′, d. h. $7^1/_7$mal geringer als die Neigung des Erdäquators. Die Differenz der Jahreszeiten, so weit sie vom Sonnenstande abhängt, muss also sehr unbeträchtlich sein, zumal da auch die Excentricität nur mässig ist. Die angegebene Periode der Rotation folgt aus Beobachtungen zweier Flecke auf der Scheibe des Jupiter, welche Herr *W. Beer* und ich vom November 1834 bis zum April 1835 verfolgten. Sie machten in dieser Zeit über 400 Umdrehungen, und wurden, soviel die Witterung es zuliess, allnächtlich beobachtet. Die Flecke stellten sich sehr scharf dar und die herausgebrachte Periode scheint auf $^1/_4$ Sekunde etwa genau zu sein. *Airy* hat aus einer kleineren Reihe von Beobachtungen derselben Flecke 9^h 55′ 24″,6 abgeleitet. Früher nahm man nach *Cassini* in runder Zahl 9^h 56′ an, und eben dies fand *Sylvabelle* in Marseille. *Schröter* in Lilienthal fand 9^h 55′ 33″, jedoch war seine Berechnungsmethode noch unvollkommen. Es ist nämlich, wenn man die Zeiten beobachtet hat, wo der Fleck auf der Mitte der Scheibe zu

stehen scheint, nöthig auf folgende Umstände Rücksicht zu nehmen:

1) auf die veränderliche geocentrische Länge Jupiters;
2) auf die Aberration, oder die Zeit, welche der Lichtstrahl vom Jupiter bis zur Erde gebraucht;
3) auf die Phase Jupiters, die, obschon nicht direkt wahrnehmbar, doch bestimmt vorhanden ist.

Unter der Voraussetzung einer gleichen Dichtigkeit (Homogeneität) aller Theile der Kugel, so dass namentlich von der Oberfläche zum Mittelpunkte hin weder Zu- noch Abnahme der Dichtigkeit stattfindet, kann man nun aus der bekannten Rotation und Dichtigkeit die Abplattung herleiten. Die Erde würde, wäre sie eine solche gleich dichte Kugel, statt $^1/_{300}$ Abplattung $^1/_{230}$ haben. Es sei nun die Umdrehungsperiode der Erde T, eines anderen Weltkörpers t, ferner die Dichtigkeit des Planeten, durchweg gleich gesetzt und die der Erde als Einheit angenommen, d, so wäre seine Abplattung

$$= \frac{1}{230} \cdot \frac{T^2}{t^2\, d}$$

also für Jupiter, nach obigen Daten,

$$= \frac{(23{,}935)^2}{230 \cdot (9{,}924)^2 \cdot 0{,}237} = \frac{1}{9{,}53}$$

oder die beiden Axen verhielten sich wie 9,45 : 10,45. Nun ist aber die Abplattung nach *Arago* = $^1/_{17}$, also jedenfalls viel geringer als die, welche die Voraussetzung einer gleichförmigen Dichtigkeit giebt, diese Voraussetzung ist also falsch.

Wäre nun Jupiter nach Aussen hin dichter, oder gar im Innern hohl, so würden die Massen, welche den grössten Rotationsschwung haben und also am meisten zur Abplattung beitragen, durch ihr Massenübergewicht diese Abplattung noch vergrössern, während sie umgekehrt kleiner ausfallen muss, wenn Jupiter im Innern dichter ist als an der Oberfläche. Das Letztere lehren die Beobachtungen, folglich ist Jupiter nicht homogen, sondern die Dichtigkeit nimmt, wie bei unserer Erde, von aussen nach innen zu, und dies mindestens in eben so starkem Verhältniss als bei dieser.

Die Dichtigkeit der Jupiters-Oberfläche ist folglich nicht grösser, sondern eher noch kleiner als 0,237 der an der Erdoberfläche stattfindenden Dichtigkeit; letztere ist durchschnittlich 2,8; die Dichtigkeit der Jupiters-Oberfläche ist also höchstens = 0,67 (mithin ähnlich der des Nussbaum- oder Erlenholzes).

§. 135.

Abplattung und Rotation wirken zusammen, den Fall der Körper am Jupitersäquator, verglichen mit dem an den Polen, sehr bedeutend zu schwächen. Nach dem Clairautschen Theorem wird (wenn man die Schwere am Aequator als Einheit annimmt) die Zunahme der Schwere vom Aequator zum Pole, addirt zur Abplattung, gleich sein $^5/_2$ des Verhältnisses der Schwungkraft zur Schwere.

Aus den angegebenen Daten nun findet sich

Unverminderte Fallhöhe am Aequator . . = 36,095 Par. Fuss.
Schwungkraft am Aequator . . . . = 3,8155 -
Wirkliche Fallhöhe am Aequator . . . . = 32,5795 -
$^5/_2$ × Verhältniss der Schwungkraft zur Schwere . = 0,26125
Abplattung $^1/_{17}$ (nach *Arago*) . . . . = 0,05882
Zunahme vom Aequator bis zum Pole . . . . = 0,20543
Dies multiplicirt mit der Schwere am Aequator, ergiebt . . . . = 7,3655 Par. Fuss.
Mithin beträgt die Schwere am Pole . . . 39,945 -
100 Pfund auf der Erde sind also am Jupiters Aequator . . . . 214 Pfund.
An seinen Polen . . . . 263 -
Die Länge des Sekundenpendels beträgt am Aequator . . . . 6,5423 Par. Fuss.
An den Polen . . . . 8,0339 -

Sollen, namentlich in den mittleren Breiten des Jupiterskugel, Pendeluhren nicht mehr als eine Sekunde in einem Jupiterstage abweichen, so müssen sie für jede Zehntelminute der Breitendifferenz eine andere Länge erhalten, so dass ein Unterschied, der auf unserer Erde nur den Gelehrten bekannt ist und sonst unbeachtet bleibt, dort von höchst wesentlichem Einflusse auf alle Naturverhältnisse sein muss.

§. 136.

Die Unterschiede der Tageslängen sind auf Jupiter sehr gering. Die mittlere Dauer eines Sonnentages ist 4h 57′ 49″,5, wobei auf den dortigen Sonnendurchmesser (6′ 9″), nicht aber auf die uns unbekannte Strahlenbrechung Rücksicht genommen ist. Die längsten und kürzesten Tage sind

	Kürzester Tag	Längster Tag	Unterschied
unter 40° B.	4h 49′ 14″	5h 6′ 26″	17′ 12″
„ 60°	4 39 53	5 15 47	35 54.

Im Verhältniss zur Tageslänge sind diese Unterschiede im Durchschnitt 8 mal geringer als bei uns; und Tage, welche

eine volle Rotationsperiode oder mehr enthalten, kommen erst jenseit des 86° 50′ der Breite, in der Nähe der Pole, vor.

Hiernach ist zu schliessen, dass auch das Klima der einzelnen Zonen ein mehr konstantes sein müsse, und dass erst in der Nähe der Pole sich Winter und Sommer einigermaassen merklich unterscheiden. Für den Aequator und die benachbarten Gegenden werden die Jahreszeiten von der Entfernung der Sonne abhängen und die Erwärmung in beiden Extremen sich nahe wie 5 : 6 verhalten. Diese Constanz wird noch auffallender durch die bedeutende Länge des Jupiterjahres, das fast 12 unserer Jahre enthält und sich in 10776 Jupiterstage theilt.

So hat uns die Kenntniss der Masse, Abplattung, Rotationsperiode und Axenstellung, verbunden mit den übrigen Elementen, eine ziemlich detaillirte Kenntniss vieler wesentlichen Verhältnisse der Jupiterskugel verschafft. Allein wir können noch näher in die physische Natur des Planeten eindringen und die Beschaffenheit seiner Oberfläche betrachten.

§. 137.

Die Beobachtungen lehren, dass er sich durch ein hellgelbes Licht vor den übrigen Planeten auszeichne, und dass auf diesem gelblichen Grunde graue oder braungraue Streifen hinziehen, welche im Allgemeinen dem Aequator des Planeten parallel laufen. Am gewöhnlichsten sieht man zwei dieser Streifen, zwischen denen der Aequator in einer schmalen hellen Zone liegt, und diese Streifen ziehen sich um die ganze Kugel herum. Sind weiter nach Norden oder Süden mehrere vorhanden, so sind sie stets weit matter und schmaler, scheinen auch nicht um die ganze Kugel herum zu gehen. Nach den Polen zu geht das Gelb der Kugel in ein mattes bleifarbiges Grau über, in welchem zuweilen auch noch Streifen hervorzublicken scheinen.

Die Hauptstreifen in der Mitte zeigen sich nun weder in gleicher Breite noch in gleicher Bestimmtheit; ihre Ränder sind zuweilen scharf, zuweilen sehr uneben. Bei dem südlichen Hauptstreifen z. B. ist oft der dem Aequator zugewandte Rand scharf, der andere dagegen knotig, mit Einbuchten und Vorsprüngen, auslaufenden Armen, verschiedentlich abgesetzten Schattirungen u. dgl. Die oben angeführten zwei Flecke, welche wir zuerst am 3. November 1834 wahrnahmen, zeigten sich nebst einem dritten schwächeren in nahe gleichem Abstande von etwa 24 Jupitersgraden. Die beiden stärkeren hatten der Schätzung nach jeder etwa 800 Meilen Durchmesser, und ihre Entfernung von einander nahm innerhalb 2 Monaten um etwa

167 Meilen (1 Jupitersgrad) zu. Während dieser Zeit war der Streifen, jedoch nicht die Flecke, nach und nach bleicher und schmaler geworden, zuletzt fast ganz verschwunden, so dass man die Flecke isolirt erblickte. Der andere Streifen hatte dagegen an Breite und Intensität eher zu- als abgenommen. Während der Sommermonate konnte Jupiter, der Conjunction wegen, nicht beobachtet werden und hernach erschienen weder diese Flecke noch der Streifen wieder, dagegen schien es im December 1835, als ob der andere Streifen sich in der Mitte der Länge nach in zwei schmalere spalten werde. Nach einigen Wochen war diese Trennung ausser Zweifel, und so hatte Jupiter wieder 2 Streifen und eine schmale Mittelzone. — Die erwähnten Flecke hatte *Schwabe* in Dessau schon früher wahrgenommen und mancherlei Veränderungen davon notirt: so hatte sich der eine kurze Zeit hindurch in lauter feine Pünktchen aufgelöst.

Ein sehr grosser Fleck, den schon der ältere *Cassini* beobachtete, blieb über 50 Jahre stehen und ist noch von *Maraldi* gesehen worden. Ueberhaupt haben alle Beobachter, auch *Herschel* und *Schröter*, im Laufe der Zeit bedeutende Veränderungen auf Jupiters Oberfläche bemerkt. Die Streifen gehen zuweilen nicht ganz herum und brechen plötzlich ab: das Ende eines solchen Streifens benutzte *Schröter* zur Rotationsbestimmung, wodurch er $9^h\ 55'\ 33''$ erhielt.

§. 138.

Bei *Schröter* kommen auch Beobachtungen von Flecken vor, die auf eine weit schnellere Rotation oder auf eine eigene Bewegung der Flecke deuteten. Er beobachtete z. B. am 9. Februar 1786 um $5^h\ 45'$ einen kleinen aber sehr schwarzen Fleck, den er am 11., als er der Cassinischen Rotationsperiode zufolge um $7^h\ 25'$ wieder in derselben Lage sich befinden sollte, nicht wiederfand, dagegen einen anderen beträchtlich grösseren, der sich rascher bewegte als die Rotationsperiode zuliess, jedoch nur 55 Minuten lang beobachtet werden konnte. Dieser Fleck hätte nun am Abend des 13. wieder gesehen werden sollen, was jedoch nicht der Fall war; vielmehr erschien ein Fleck, dem Anschein nach der vom 9. Februar, den *Schröter* nun von $5^h\ 58'$ bis $7^h\ 50'$ verfolgte und 10mal seine jedesmalige Stellung schätzte. Aus zweien dieser Schätzungen, ohne alle Correction beiläufig verglichen, folgerte er eine Periode von $6^h\ 54'$, und indem er annahm, dass es der Fleck vom 9. Februar sei und seitdem 14 Umläufe gemacht habe, erhielt er eine Periode von $6^h\ 56'\ 56''$. Man sieht indess nicht ein, wie *Schröter*, der doch in dem Nichterscheinen des Fleckes am 11. einen Haupt-

grund zu der Annahme findet, dass der Fleck die Cassinische Periode nicht befolgt habe, den sehr nahen Schluss übersah, dass er ja auch nach der seinigen am 11. Februar Abends (nach 7 Umläufen statt 5) hätte erscheinen müssen, und dass eine Vergrösserung oder Verkleinerung der Flecke in kurzer Zeit etwas sehr Gewöhnliches ist. Indess habe ich versucht, aus den 10 Schätzungen *Schröter's* über den Ort des Fleckes am 13. Februar Abends, wie er sie mittheilt, aber mit Berücksichtigung der Correctionen, nach der Methode der kleinsten Quadrate die Periode abzuleiten und finde 7^h 39′ 19″ mit einer mittleren Unsicherheit von 15′ 32″. Hiernach würde er (wenn er anders mit dem vom 9. Februar identisch, und von dem vom 11. verschieden war) in der Zwischenzeit 13 Umläufe zu 7^h 29′ jeden gemacht haben. Allein die ganze Bestimmung ist viel zu unsicher und die Annahmen zu gewagt. Es ist sehr zu bedauern, dass es *Schröter* nicht gelang, nach einer oder wenigen Rotationen den Fleck wieder zu sehen und dass nach dem 13. Februar überhaupt keine Beobachtung desselben mehr vorkommt.

Diese Wahrnehmung *Schröters* ist es nun, woraus er selbst und andere auf das Dasein heftiger Stürme auf Jupiter, die 100 und mehrere mal rascher als die stärksten auf der Erde sein sollten, geschlossen hat (nach obiger Rechnung müsste der Fleck eine eigene Bewegung von 28 geogr. Meilen in der Minute gehabt haben). — Ich mag nicht hierüber entscheiden. Ein Trabantenschatten kann es nicht gewesen sein; *Schröter* giebt die Stellung der Trabanten an, wonach kein Schatten derselben auf Jupiter fallen konnte. An einen ausserhalb Jupiters Atmosphäre umlaufenden dunklen Körper ist gleichfalls nicht wohl zu denken, denn der Fleck ward undeutlich, wenn er sich dem Rande Jupiters näherte: die Atmosphäre Jupiters übte folglich ihre schwächende Wirkung auf ihn aus. Andere Beobachter haben von so heftigen Veränderungen, als hieraus zu folgen scheinen, nie eine Andeutung wahrgenommen, *Schröter* selbst in der Folge nicht; und so scheint es bei dem Mangel aller Bestätigung besser, gar keine Erklärung zu geben, als eine so überaus gewagte.

§. 139.

Man sieht die Streifen gewöhnlich nach den Rändern zu matt und unbestimmt abfallen und verbleichen: ebenso kann man keinen wirklichen Fleck Jupiters bis zum Rande mit Sicherheit verfolgen. Die beiden vorhin erwähnten, welche vom November 1834 bis April 1835 beobachtet wurden, verschwanden jedesmal schon 55° oder 57° von der Mitte ganz.

Aus ihren anhaltend fortgesetzten Beobachtungen folgte allerdings auch eine kleine eigene Bewegung derselben. Sie gaben in den Beobachtungen vom 4. November bis 9. Januar, wo der Streifen sichtbar war, eine etwa 4 Sekunden längere Rotation zu erkennen, zugleich aber eine allmählige Zunahme der Geschwindigkeit. Nach dem fast gänzlichen Verschwinden des Streifens vom 22. Januar bis 19. April, zeigten sie sich jedoch gleichmässiger, so dass die Geringfügigkeit der übrigbleibenden Beobachtungsfehler keinen Zweifel über die Richtigkeit der Annahme einer constanten und der Rotation entsprechenden Geschwindigkeit zuliess. Mit dieser letzteren verglichen, müssen sie in der Zeit vor dem 1. Januar sich täglich 16 bis 21 Meilen in dem der Rotation entgegengesetzten Sinne, nämlich von O. nach W. bewegt haben. Ihre Gestalt veränderte sich dagegen nicht merklich.

Nach aller Wahrscheinlichkeit ist Jupiter von einer sehr dichten Atmosphäre umgeben, in welcher sich Wolkenhaufen und Wolkenzonen bilden, die bei der bedeutenden Länge und geringen Veränderlichkeit der Jahreszeiten viel constanter als unsere Wolken sein mögen. Indess verändern sie gleichwohl nicht allein ihre Grösse, Gestalt und Intensität, sondern auch wohl ihren Ort in Beziehung auf die Jupiterskugel. Wirklich feste Oberflächentheile scheinen unter den bisher beobachteten Flecken nicht vorgekommen zu sein, und vielleicht gestattet die sehr dichte Atmosphäre uns nie den Anblick der wahren Kugeloberfläche. Die Gegenden an den Polen und bis zu 40° Breite hin geniessen wahrscheinlich nie einen helleren Himmel, und auch die übrigen wohl nur unvollkommen.

Es möge noch bemerkt werden, dass auf Jupiters Oberfläche keine oceanisch verbreitete Flüssigkeit von der Dichte unseres Wassers vorkommen könne, denn da, wie oben gezeigt worden, die specifische Schwere der an der Oberfläche befindlichen Theile die Dichte unseres Wassers nicht erreicht, so würde ein Gleichgewicht nicht bestehen können, wenn Oceane von dieser Dichtigkeit vorhanden wären, so wenig es auf unserer Erde bestehen würde, wenn die Oceane statt Wasser etwa Quecksilber enthielten.

Jupiter ist im Ganzen leicht zu beobachten. Ein scharf begrenzendes Fernrohr muss bei 4—5maliger Vergrösserung schon seine Scheibenform, bei 30maliger seine Abplattung und seine Streifen zeigen: genaue Beobachtungen der letzteren erfordern indess eine 2—300malige Vergrösserung und günstige Stellung des Planeten.

Die Trabanten Jupiters.

§. 140.

Die erste astronomische Entdeckung, welche wir den Ferngläsern verdanken, war die der vier Jupiterstrabanten. Es ist wahrscheinlich, dass Mehrere sie fast gleichzeitig gesehen haben, ohne von einander zu wissen, da sie so leicht wahrzunehmen sind: gewöhnlich bezeichnet man *Simon Marius* (*Mayer*) als den Entdecker und den December 1610 als die Zeit der Entdeckung. Alle 4 wurden gleichzeitig entdeckt und ihre Zahl scheint abgeschlossen zu sein, da seit jener ersten Entdeckung nie die Spur eines anderen vorgekommen ist, und sie sämmtlich sehr hell glänzen, gleich Sternen 6ter Grösse. Man könnte sie wahrscheinlich ganz gut auch ohne Fernrohr sehen, wenn sie nicht ihrem Hauptplaneten so nahe ständen, dass sie von den Strahlen desselben, für den Anblick mit freiem Auge, überglänzt würden. Dennoch haben einzelne Personen von seltener Scharfsichtigkeit zuweilen einen oder den anderen wahrgenommen.

In starken Vergrösserungen erscheinen sie als deutliche Scheiben, und da sie uns stets ihre erleuchtete Seite zuwenden, eben so wie der Hauptplanet, so können wir keine Phase an ihnen wahrnehmen.

Galiläi gab ihnen den Namen Mediceische Sterne, noch Andere schlugen verschiedene Benennungen vor. Keine von diesen hat sich erhalten, und sie werden blos gezählt, so dass der erste derjenige ist, der Jupiter am nächsten steht.

Sie laufen um Jupiter in Bahnen, welche äusserst wenig vom Kreise abweichen, und nur beim 3. und 4. ist eine kleine Excentricität mit Gewissheit zu erkennen. Eben so ist ihre Neigung gegen den Aequator Jupiters sehr gering, beim ersten ganz unmerklich und nur beim 4. einigermaassen bedeutend.

Man trifft sie daher fast immer auf einer Linie, welche die Verlängerung der Streifen bildet, oder doch nahe derselben. Die kleinen Abweichungen von dieser Linie sind weit mehr der Neigung des Jupiteräquators gegen seine eigene Bahn und gegen die Ekliptik, als den Neigungen der Trabanten gegen den Aequator Jupiters, zuzuschreiben.

In diesen Bahnen bewegen sie sich um den Jupiter 18mal rascher, als ein Mond in gleichem Abstande um die Erde laufen würde, dagegen 32mal langsamer als ein Planet, der denselben Abstand vom Centro der Sonne hätte, um die Sonne laufen müsste.

Bei der unbedeutenden Excentricität würden in diesen Bahnen die durchlaufenen Bögen fast genau der Zeit proportional sein, aber die Anziehungen, welche sie auf einander gegenseitig ausüben, verbunden mit den Störungen der Sonne, veranlassen ziemlich verwickelte Correctionen, besonders bei den drei inneren Trabanten. So hängen die Störungen des ersten Trabanten fast allein von dem Winkel ab, den er mit dem zweiten und dritten am Centro Jupiters macht, und ähnlich bei den übrigen. Diese gegenseitigen Störungen haben uns indessen, da wir durch *Lagrange* und *Laplace* die Theorie derselben genau kennen, zur genäherten Kenntniss der Masse dieser Trabanten verholfen, und da wir durch *Struve's* Messungen ihre Durchmesser kennen, so sind wir auch im Stande, ihre Dichtigkeit zu berechnen. Auf grosse Genauigkeit können diese letzteren Bestimmungen freilich keinen Anspruch machen, allein es ist schon genug, dass es überhaupt möglich geworden ist, so kleine und entfernte Körper, von denen das Alterthum nicht das Mindeste ahnte, und die selbst den ersten Entdeckern sich nur als Punkte darstellten, nicht allein unter den Maassstab zu bringen, sondern sie auch auf die Wagschale zu legen.

§. 141.

Die Grösse ihres Hauptkörpers und die Kleinheit der Neigungen ihrer Bahnen sind Ursache, dass jeder Umlauf dieser Monde eine Sonnen- und eine Mondfinsterniss für Jupiter mit sich führt, die auch mit geringen Ausnahmen sämmtlich total sind. Nur der 4. Trabant kann, wenn er zur Zeit seiner Conjunction und Opposition dem Maximo seiner Breite nahe steht, unverfinstert und unverfinsternd vorübergehen.

So erblickt Jupiter während eines seiner Jahre gegen 4400 Verfinsterungen, welche seine Trabanten erleiden, und etwa eben so viele, welche sie verursachen; erstere sind, für irgend eine gegebene Jupitersgegend, dem grössten Theile nach sichtbar, letztere nur dem kleineren Theile nach.

Bei der grösseren Schärfe des Jupitersschattens, verglichen mit dem Schatten der Erde (diese Schärfe ist der Entfernung des schattenwerfenden Körpers von der Sonne proportional) und dem raschen Fluge dieser Monde, verfliessen nur wenige Minuten vom wahren Anfange der Mondfinsterniss bis zum totalen Verschwinden. Von der Erde aus gesehen, nehmen sie anfangs an Glanz eine kurze Zeit hindurch ab und erlöschen dann wie ein ausgeputztes Licht, und eben so ist das Wiedererscheinen in umgekehrter Ordnung beschaffen. Während der Finsterniss selbst bleibt keine Spur von ihnen sichtbar, sie

haben folglich kein bemerkbares eigenes Licht, und eben so ist die Strahlenbrechung in Jupiters Atmosphäre nicht stark genug, um den ganzen Schatten mit gebrochenem Lichte zu erfüllen.

Im December 1846 gelang es mir, bei einer Verfinsterung des 3. Trabanten im Dorpater Refraktor das Vorrücken des Jupitersschattens auf der kleinen Scheibe des Trabanten deutlich wahrzunehmen — ein Miniaturbild des bekannten Vorganges bei einer Verfinsterung unseres eigenen Trabanten.

Die Dauer der Verfinsterungen ist sehr verschieden, je nachdem die Trabanten durch die Mitte des Jupitersschattens rücken oder nur eine Sehne desselben beschreiben; auch die kleinen Ungleichheiten der Bewegung haben einigen Einfluss darauf. Von den beiden innersten sehen wir immer entweder nur den Anfang (Eintritt) oder das Ende (Austritt) der Verfinsterung, nie beides zusammen, und zwar vor der Opposition Jupiters die Eintritte, nach derselben die Austritte. Vom 3. und 4. Trabanten dagegen sehen wir zuweilen in derselben Finsterniss beides.

Man hat diese Finsternisse, da sie sich ziemlich scharf vorausberechnen lassen, als astronomische Signale benutzt, um dadurch den Längenunterschied entlegener Orte auf der Erde zu bestimmen, auch die Länge auf der See zu finden. Jetzt wendet man sie seltener dazu an, da die Sternbedeckungen und Sonnenfinsternisse, welche unser eigener Trabant veranlasst, schärfere Signale gewähren.

Die Sonnenfinsternisse, welche Jupiters Monde bewirken, sind von der Erde aus dadurch wahrnehmbar, dass der Schatten der Trabanten über die Scheibe hinzieht. Diese Schatten sind fast so gross als die Trabanten selbst, wegen der bedeutenden Entfernung der Sonne. Nur der des vierten ist kleiner, verwaschener und überhaupt schwer wahrzunehmen, da er sich fast ganz in Halbschatten auflöst; die Schatten der übrigen erscheinen dagegen pechschwarz und völlig so dunkel als der Nachthimmel; ein Beweis, dass Jupiter kein merkliches eigenes Licht habe. Dadurch entscheidet sich die §. 132. aufgestellte Alternative dahin, dass Mars den bei weitem grössten Theil des von der Sonne empfangenen Lichtes absorbire und nur einen verhältnissmässig geringen zurückstrahle.

Steht Jupiter genau in der Opposition, so können wir nichts von diesen Finsternissen sehen, da alsdann sowohl die Schatten des Planeten als seiner Trabanten in die Verlängerung unserer Gesichtslinie fallen und von uns abgewandt sind; wir sehen dann nur die Trabanten hinter oder vor die Scheibe rücken und an der entgegengesetzten Seite wieder hervorkommen und sich von Jupiter trennen. Doch beschränkt sich diese

Unterbrechung nur auf einige Nächte. Eine längere tritt zur Zeit der Conjunctionen ein, wo Jupiter hinter der Sonne steht und überhaupt nicht beobachtet werden kann. Die Austritte (nach der Opposition) sieht man im astronomischen Fernrohr rechts (westlich), die Eintritte (vor der Opposition) sieht man im astronomischen Fernrohr links (östlich) vom Jupiter. Die andere Seite des Schattens wird uns dann vom Jupiterskörper verdeckt, wenn nicht, wie oben bemerkt, der 3. und 4. Trabant durch ihre beträchtliche Breite zuweilen eine Ausnahme machen. Um dieselbe Zeit, wo die Eintritte sichtbar sind, gehen die Trabanten ihrem Schatten auf der Jupitersscheibe voran; sie folgen ihnen hingegen nach, wenn man nach der Opposition die Austritte beobachtet.

Es kann sich auch, freilich selten, ereignen, dass ein Mond den anderen verfinstert, meistens nur zum Theil, denn da sie an Grösse nicht sehr verschieden sind, so ist ein so genaues Zusammentreffen der Umstände, dass der Schatten des einen den anderen ganz bedecke, nur äusserst selten möglich. — Die astronomischen Ephemeriden geben uns nur die von der Erde aus sichtbaren Eintritte oder Austritte der Monde in den Jupitersschatten, wozu auch die Tafeln nur eingerichtet sind.

Ein merkwürdiges Verhältniss bewirkt, dass die drei inneren Monde nie gleichzeitig verfinstert werden können. Es ist nämlich die mittlere Länge des ersten Trabanten, vermehrt um die doppelte mittlere Länge des dritten und vermindert um die dreifache Länge des zweiten Trabanten, stets genau 180 Grad, woraus folgt, dass wenn zwei dieser Trabanten gleiche Länge in Beziehung auf Jupiter haben, der dritte 180 Grad von ihnen entfernt stehen müsse. Dieses merkwürdige Gesetz ist eine Folge der gegenseitigen Anziehung, und braucht im Anfang nur beinahe stattgefunden zu haben, um zu bewirken, dass es jetzt und in allen künftigen Zeiten der Strenge nach stattfindet.

§. 142.

Abgesehen von den Ungleichheiten, welche in der Ellipticität und den Störungen der Bahnen ihren Grund haben, kommen noch drei andere Ursachen hinzu, welche auf die Stellung der Trabanten gegen Jupiter und auf die Intervalle der Finsternisse Einfluss haben und diese Intervalle ungleich machen würden, auch wenn die Bahnen ganz kreisförmig und die Bewegungen gleichmässig wären.

Die erste ist die Ausweichung der Erde, welche bald rechts bald links von derjenigen Linie steht, die von

der Sonne zum Jupiter gezogen werden kann. Sie veranlasst zwar keine Verzögerung oder Beschleunigung der eigentlichen Finsternissmomente, wohl aber eine der Ein- und Austritte vor der Scheibe Jupiters, so dass die geocentrischen oberen und unteren Conjunctionen von der heliocentrischen (die zugleich die Mitte der Finsterniss ist) um mehrere Stunden verschieden sein können.

Die zweite Ursache ist die Excentricität der Jupitersbahn, welche die synodischen Umläufe der Trabanten ungleich macht. Der periodische Umlauf unterscheidet sich nämlich, eben so wie bei unserem eigenen Monde, vom synodischen um den Bogen, welchen Jupiter während eines Trabantenumlaufs in seiner eigenen Bahn zurücklegt. Dieser Bogen ist grösser in der Sonnennähe Jupiters, folglich ist auch der Unterschied zwischen dem periodischen und synodischen Umlauf des Trabanten, und dieser letztere selbst, grösser als in der Sonnenferne Jupiters. Für ein einzelnes Intervall ist der Unterschied zwar geringfügig, doch er sammelt sich an, da in jeder der beiden Hälften der Jupitersbahn gegen 1300 Umläufe des ersten, 640 des zweiten, 320 des dritten und 140 des vierten Trabanten erfolgen.

Die dritte Ursache ist die wichtigste, und das Erkennen derselben durch die Beobachtungen hat uns mit einer Thatsache bekannt gemacht, die für die ganze Astronomie von höchster Bedeutung ist. Man nahm nämlich wahr, dass, wenn man die Finsternisse aus den nahe um die Opposition Jupiters angestellten Beobachtungen vorausberechnete, sie um die Zeit der Conjunctionen stets gegen eine Viertelstunde später einfielen. Die Verspätung wuchs regelmässig mit der wachsenden Entfernung Jupiters von der Erde und nahm mit seiner Annäherung wieder ab. *Römer* in Paris war es, der hierdurch 1675 zuerst auf den Gedanken kam, dass der Lichtstrahl, wenn er vom Jupiter bis zur Erde sich fortpflanze, nothwendig eine, wenn auch noch so geringe, Zeit gebrauchen müsse, da keine Geschwindigkeit der Strenge nach unendlich gross sein kann. Hat er nun einen längeren Weg zurückzulegen, so bedarf er mehr Zeit, kommt also später auf der Erde an, als in grösserer Nähe der Fall gewesen wäre; und dies bewirkt die Verspätung der Finsternisse ausserhalb der Opposition.

Aus dem Betrage der Verspätung schloss man auf eine Zeit von $8^1/_4$ Minuten, welche der Lichtsrahl gebrauche, um einen Raum zurückzulegen, der der mittleren Entfernung der Erde von der Sonne gleich ist.

Nach den neuesten Bestimmungen findet sich für die

angegebene Entfernung 8′ 18″,2, und man nennt diese Grösse die Constante der Aberration in Zeit. Bei den Vorausberechnungen astronomischer Momente pflegt man sie schon mit anzubringen, um dem Beobachter die Zeit, worauf er sich einzurichten hat, unmittelbar anzugeben. Bei den Ephemeriden des Planetenlaufs und ähnlichen Angaben lässt man sie gewöhnlich weg, da diese mehr dem Berechner dienen.

§. 143.

Es wird hier der passendste Ort sein, der wichtigen Entdeckung *Bradley's* zu erwähnen, da sie mit der so eben angeführten des *Olaus Römer* in genauester Beziehung steht und eine durch die andere aufs schönste bestätigt wird, nämlich der sogenannten Aberration der Fixsterne (wiewohl sie keinesweges die Fixsterne ausschliesslich betrifft). *Bradley* hatte nämlich, um die Oerter der Fixsterne genauer, als bis dahin möglich war, zu beobachten, und dadurch möglicherweise eine Parallaxe derselben zu entdecken, ein Fernrohr gegen das Zenith so aufstellen lassen, dass es nur längs eines Bogens von wenigen Graden beweglich war. Indem er es nun auf einen bestimmten Stern, der dem Zenith sehr nahe kam, richtete und in dieser Richtung befestigte, bemerkte er, dass der Ort des Sterns allerdings veränderlich war, und zwar in einer Periode, welche dem Erdjahre entsprach. Gleichwohl war es nicht möglich, diese Veränderungen auf eine Parallaxe zu beziehen, denn der Ort, welchen der Stern in diesen Beobachtungen einnahm, entfernte sich, mit dem mittleren Orte verglichen, stets um einen Winkel von 90 Grad von demjenigen, den er vermöge der Parallaxe hätte einnehmen müssen. Er entfernte sich nämlich von diesem mittleren Orte nach derjenigen Seite zu, wohin gleichzeitig die Bewegung der Erde in ihrer Bahn gerichtet war, statt dass die Parallaxe ihn nach derjenigen hätte führen müssen, welche der des Radius Vectors der Erdbahn entgegengesetzt war. Auch fand sie sich sowohl nach *Bradley's* als allen späteren Untersuchungen für alle Fixsterne gleich, und nur in so fern verschieden, dass nur diejenigen Sterne, welche in den Polen der Ekliptik stehen, einen Kreis um ihren mittleren Ort beschreiben, die übrigen aber eine Ellipse, deren grosse Axe der Ekliptik parallel liegt und dem Durchmesser jenes Kreises gleich ist, und deren kleine Axe gleich ist dem Producte dieses Durchmessers mit dem Sinus der Breite, so dass ein Stern in der Ekliptik selbst nur eine gerade Linie beschreibt; also Ellipsen, wie sie aus der perspectivischen An-

sicht von wirklichen und der Ebene der Ekliptik parallelen Kreisen hervorgehen würden.

Bradley hat folgende Erklärung dieser Thatsache gegeben. Wenn das von einem Gestirn ausgehende Licht Zeit gebraucht, um einen gegebenen Raum zu durchlaufen, so wird die Erde in dieser Zwischenzeit gleichfalls einen Theil ihrer Bahn durchlaufen haben. Für einen Beobachter, der sich mit der Erde fortbewegt, kann folglich das Licht nicht genau aus derjenigen Richtung zu kommen scheinen, welche er wahrgenommen hätte, wenn er sich in absoluter Ruhe befände. Man betrachte z. B. von einem vor Anker liegenden Schiffe aus die Bewegung eines Menschen, der sich dem Ufer nähert, und hernach dieselbe Bewegung vom segelnden Schiffe aus, so wird sie nicht die nämliche zu sein scheinen. Um die Sache noch deutlicher einzusehen, so denke man sich, dass eine Kanonenkugel die beiden Wände des Schiffs durchbohre, während das Schiff segelt. Wie klein auch immer der Zeitraum sein möge, den die Kugel gebrauchte, um von einer Wand zur anderen zu kommen, so wird doch die Bewegung des Schiffs in derselben Zeit nicht Null gesetzt werden können. Wollte man nun aus der Linie, welche die durch den Schuss entstandenen Löcher der beiden Schiffswände verbindet, seine Richtung bestimmen, so würde man offenbar einen Fehler begehen, dessen Grösse von dem Verhältniss der beiden Geschwindigkeiten der Kugel und des Schiffs abhängig ist.

Denselben Fehler begeht nun unser Auge, wenn es die Richtung des Lichtstrahls betrachtet, welcher vom Objectiv zum Ocular eines Fernrohrs fortschreitet, während sich die Erde in einer Richtung bewegt, die mit der des Lichtstrahls einen Winkel macht. Ist dieser Winkel ein rechter, so wird der Fehler gleich sein einer Grösse, deren Tangente erhalten wird, wenn man die Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn durch die Geschwindigkeit des Lichtstrahls dividirt. Ist der Winkel dagegen ein spitzer oder stumpfer, so werden wir ausserdem noch mit dem Sinus desselben zu multipliciren haben. Dieser für den Beobachter unvermeidliche Fehler lässt sich also berechnen, wenn man die beiden Geschwindigkeiten, so wie den Winkel, den beide Bewegungen mit einander machen, kennt; und er ist das, was man Aberration der Fixsterne genannt hat.

Sei die Aberration eines gegebenen Gestirns a, die Geschwindigkeiten des Lichts und der Erde l und e, endlich der Winkel beider Bewegungen v, so hat man

$$\operatorname{tg} a = \frac{e}{l} \sin v; \text{ folglich } l = e \frac{\sin v}{\operatorname{tg} a}.$$

Man sieht also, dass es bei der Aberration weder auf die Entfernung des Fixsterns, noch auf die Länge des Rohrs ankomme. Für die mittlere Geschwindigkeit der Erde und $v = 90^0$ muss also die Aberration die gleiche für alle Gestirne sein, wenn die Geschwindigkeit des Lichts selbst die gleiche ist.

Nach den neuesten von *Struve* in Pulkowa angestellten Beobachtungen ist diese Aberration für die von ihm untersuchten Sterne gleich, und sie beträgt

$$20'',4451,$$

welche Zahl man die Constante der Aberration in Bogen nennt. Die oben angegebene Aberration in Zeit (8′ 18″,2) ist hieraus berechnet worden; die unmittelbaren Beobachtungen der Trabantenfinsternisse Jupiters hatten 8′ 15″ ergeben, doch sind sie weniger genau als die angeführten der Fixsterne; beide Resultate aber bestätigen einander auf's schönste und rechtfertigen so die gegebenen Erklärungen *Römer's* und *Bradley's*.

Es knüpft sich hieran noch eine interessante, die Natur des Lichts betreffende Frage. Die Beobachtungen der Jupiterstrabanten geben uns die Geschwindigkeit des Lichtes im luftleeren Raume, denn nur etwa ein Zehnmilliontel des Weges wird im lufterfüllten zurückgelegt. Die Fixsternbeobachtungen dagegen geben uns dieselbe Geschwindigkeit im lufterfüllten, denn die erwähnte Abweichung entsteht erst im Fernrohr und Auge. Beide Geschwindigkeiten aber kann man nicht absolut gleich setzen, vielmehr muss jene grösser als diese sein, wenn das Licht eine Wellenbewegung ist; kleiner dagegen, wenn es ein materieller Strahl ist, wiewohl der Unterschied in beiden Fällen nur sehr gering sein kann. Der Unterschied von 8′ 15″ und 8′ 18″,2, wenn er nicht, wie man doch wohl annehmen muss, der Hauptsache nach von Beobachtungsfehlern herrührt, würde mithin in der Wellentheorie seine Erklärung finden.

Der erste Jupitersmond.

§. 144.

Er bewegt sich um Jupiter in einer Bahn, die den Beobachtungen zufolge keine Abweichung vom Kreise verräth, in-

nerhalb 1 T. 18^h 27′ 33″,5049 siderisch und 1 T. 18^h 28′ 35″,9454 synodisch. Seine Entfernung vom Centro des Hauptplaneten ist 6,049 Jupiters-Halbmesser oder 55951 geogr. Meilen. Die Bahn neigt sich nur 7″ gegen den Jupiters-Aequator und ihr aufsteigender Knoten in der Ebene desselben fällt mit dem des Jupitersäquators in seiner Bahn zusammen in 314° 27′ 54″; gegen die Bahn Jupiters selbst ist sie 3° 5′ 24″ geneigt. Die Dauer seiner Verfinsterungen, wenn er durch das Centrum des Schattens geht, ist 2^h 15′ 44″. — Der angegebene synodische Umlauf begreift 4,2799 Tage Jupiters.

Sein scheinbarer geocentrischer Durchmesser ist nach *Struve's* Messungen 1″,015, vom Jupiter aus gesehen 31′ 11″, es kann aber im Zenith Jupiters auf 37′ 20″ steigen. Der wahre Durchmessr ist 505 geographische Meilen, die Masse 0,000017328 der Jupitersmasse und für seine Dichtigkeit folgt hieraus 0,2005 der Dichtigkeit unserer Erde (sehr nahe wie unser Wasser). — Er ist einer der glänzendsten und übertrifft zuweilen sogar den dritten und grössten. Sein hellgelbes ruhiges Licht ist dem der Jupitersscheibe in ihren hellsten Theilen völlig gleich.

Der zweite Jupitersmond.

§ ·145.

Auch bei diesem haben die Beobachtungen keine Excentricität ergeben. Er vollendet seinen Umlauf siderisch in 3 T. 13^h 13′ 42″,0399; den synodischen in 3 T. 13^h 17′ 53″,7309 (8,5813 Jupiterstagen). Die Neigung seiner Bahn gegen den Jupitersäquator ist veränderlich. Es existirt nämlich für ihn, wie für den dritten und vierten Trabanten, eine mittlere Bahn, deren Knoten mit dem des ersten und des Jupitersäquators selbst zusammenfällt (dies gilt von allen Trabanten) und deren Neigung gegen Jupiters Aequator 1′ 6″, gegen die Bahn desselben 3° 4′ 25″ beträgt. Aber seine wirkliche Bahn schwankt um diese mittlere periodisch herum und kann bis 27′ 49″ von ihr abweichen; auch die Knoten der wahren Bahn auf der mittleren sind veränderlich. — Die Entfernung vom Jupiter beträgt 9,623 seiner Halbmesser oder 89013 Meilen; der geocentrische Durchmesser ist 0″,911, der jovicentrische 17′ 35″, der wahre 456 Meilen. Dem Volumen

nach ist er also der kleinste Mond und etwa dem Erdmonde gleich, nämlich $^1/_{47}$ des Volumens der Erde und $^1/_{66767}$ des Jupiter. Aber seine Masse ist 0,000023235 der Masse Jupiters, so dass seine Dichtigkeit 0,3711 wird; er ist also etwas dichter als Jupiter und überhaupt der dichteste aller Trabanten.

Da seine Umlaufszeit nur 18′ 35″ mehr beträgt als 2 Umläufe des ersten, so treffen seine Oppositionen immer einige Male hintereinander mit denen des ersten zusammen, welche Coincidenz eine Periode von 437 Tagen hat.

Die Dauer seiner Verfinsterungen, wenn er durch die Mitte des Schattens geht ist 2^h 52′ 4″. — Er ist der kleinste unter Jupiters Trabanten, erscheint aber doch gewöhnlich heller als der vierte und zuweilen sogar eben so hell als der erste und dritte.

Der dritte Jupitersmond.

§. 146.

Er vollführt seinen sehr nahe kreisförmigen Umlauf in 7 T. 3^h 42′ 33″,3605 siderisch oder 7 T. 3^h 59′ 35″,8251 synodisch, was 17,3034 Jupiterstagen gleich ist. Die Excentricität der Bahn ist im mittleren Durchschnitt 0,001348, wonach die Mittelpunktsgleichung 9′ 12″ beträgt, aber sie ist periodischen Veränderungen unterworfen. Im J. 1682 war sie am grössten (0,0019 mit der Mittelpunktsgleichung 13′ 16″); im J. 1777 hatte sie den kleinsten Werth (0,0008 mit der Mittelpunktsgleichung 5′ 7″). Die Periode dieser Aenderungen ist 190 Jahre, und es wird also 1967 wieder der kleinste Werth, so wie 1872 der grösste eintreten. — Die mittlere Neigung gegen Jupiters Aequator ist 5′ 3″ und gegen dessen Bahn 3° 0′ 28″; um diese herum schwankt die wahre Bahn innerhalb der Grenzen ± 12′ 20″. Vom Jupiter ist er 15,350 seiner Halbmesser oder 142097 Meilen entfernt. Die geocentrischen, jovicentrischen und wahren Durchmesser sind 1″,488; 18′ 0″; 741 Meilen; er ist der grösste der 4 Monde, $4^1/_2$ mal so gross als unser Mond, 11 mal kleiner als die Erde und 15313 mal kleiner als Jupiter. Die Masse ist nach *Laplace* 0,000088497, woraus sich seine Dichtigkeit zu 0,3244 oder sehr nahe der des Jupiter ergiebt. Die grösste Dauer seiner Finsternisse ist 3^h 33′ 40″.

Seine Umlaufszeit ist nur 75′ 9″ grösser, als die doppelte

des zweiten, und 112′ 19″ grösser als vier Umläufe des ersten Trabanten.

Er ist in der Regel der hellste der Trabanten. Der erste scheint indess ein intensiveres Licht zu haben, da sonst das Uebergewicht des dritten (beträchtlich grösseren) wohl entschiedener hervortreten müsste. Oft ist er dem ersten an Glanz gleich und in seltenen Fällen selbst dunkeler als dieser. Die gelbe Farbe spricht sich in ihm am bestimmtesten aus. Wenn er beim Vorübergange vor Jupiters Scheibe einen der Streifen trifft, so kann er gut wahrgenommen werden. Wir sehen zuweilen den Anfang und das Ende seiner Finsternisse, wenn er hinreichende nördliche oder südliche Breite gegen die Ekliptik hat. — Es finden mehrere merkwürdige Verhältnisse zwischen den 3 ersten Trabanten statt. Vergleicht man die synodischen Umläufe, so findet sich, dass

247 des ersten Trabanten dauern	437	T.	3^h	43′	58″,51
123 des zweiten - -	437		3	41	8 ,90
61 des dritten - -	437		3	35	25 ,33

Der vierte passt nicht so gut in diese Reihe, gleichwohl kommt auch er ziemlich nahe, denn wir haben

26 des vierten - -	435		14	13	2 ,55

Es folgt hieraus, dass nach einer Periode von 437 T. 4^h die Finsternisse der drei innern Trabanten nahe in gleicher Ordnung wiederkehren müssen, und eben so die Vorübergänge vor Jupiters Scheibe, so wie ihre Stellungen gegen den Jupiter im Allgemeinen.

Ferner ist die mittlere Winkelbewegung des ersten, vermehrt um die doppelte des dritten, *vollkommen genau* gleich der dreifachen des zweiten. Die mittlere Bewegung ist nämlich in einem Jahrhundert:

I. Trab.	7432435°	28′	2″,0	=	a
II. -	3702713	13	53 ,3	=	b
III. -	1837825	6	49 ,0	=	c,

und es ist $a + 2c = 11108139° \, 41' \, 40'',0 = 3b$.

Vermöge ihrer gegenseitigen Anziehung muss dies stets so bleiben, selbst wenn es im Anfange nur nahezu stattfand. Dass ein ähnliches constantes Verhältniss zwischen den mittleren Längen selbst stattfindet, ist bereits oben bemerkt und folgt auch nothwendig aus dem der mittleren Bewegungen.

Der vierte Jupitersmond.

§. 147.

Seine siderische Umlaufszeit ist 16 T. 16^h 32′ 11″,2712,

die synodische 16 T. 18h 5′ 7″,0210 oder 40,5135 Jupiterstage. Die Bahn ist merklich excentrisch (0,007275 mit der Mittelpunktsgleichung 50′ 2″) und auch diese Excentricität unterliegt durch die Einwirkung des dritten Trabanten kleinen periodischen Veränderungen. Die Neigung (der mittleren Bahnebene) gegen Jupiters Aequator ist 24″,33 und gegen Jupiters Bahn 2° 40′ 58″, die Schwankung um diese Mittel herum 14′ 58″. Der Abstand vom Jupiter beträgt 26,998 Jupiters-Halbmesser oder 239632 Meilen. Der Erde erscheint sein Durchmesser unter einem Winkel von 1″,273, dem Jupiter 8′ 46″ gross; sein wahrer Durchmesser ist 634 Meilen. Hiernach nimmt er 1/17 des Erd- und 1/24442 des Jupitervolumens ein. Da die Masse nach *Laplace* 0,000042659 beträgt, so ist seine Dichtigkeit 0,2496, also geringer als die des Jupiter. Die grösste Dauer seiner Finsternisse ist 4h 44′ 50″, die kleinste Null, d. h. er kann unverfinstert vorübergehen. Seine Finsternisse sind an eine grosse, dem halben Jupitersumlauf nahe gleiche Periode geknüpft, so dass er 2¾ Jahr hindurch keine Finsternisse und sodann 3⅙ Jahr lang bei jedem Umlauf eine solche bringt.

Er unterscheidet sich von den übrigen Jupitersmonden durch eine etwas dunklere, mehr bläulichgraue Färbung, weshalb er auch gewöhnlich als der schwächste erscheint, obgleich er an Grösse nur dem dritten in etwas nachsteht. Doch bleibt sich dies nicht gleich und man kann ihn periodisch eben so hell als die übrigen finden. Sein Schatten auf der Oberfläche Jupiters ist nur schwer wahrzunehmen, und seine Ein- und Austritte in den Schatten gehen beträchtlich langsamer vor sich als bei den übrigen Trabanten.

Ich füge hier noch *Secchi's* in Rom angestellte Messungen der Trabanten-Durchmesser hinzu. Er findet:

	I.	II.	III.	IV.
Scheinb. Durchm.	0″,985	1″,054	1″,608	1″,496
Wahrer -	490	524	801	744 Meilen.

Allgemeine Bemerkungen über das Jupiters-System.

§. 148.

Die Wechselbeziehung, in welcher Jupiter mit seinen Trabanten steht, bietet uns einen so reichen Stoff zu Betrachtungen der mannichfaltigsten Art, und giebt uns über die Constitution des gesammten Sonnensystems so unerwartete und

wichtige Aufschlüsse, dass es der Mühe verlohnen dürfte, noch etwas länger dabei zu verweilen.

Das Partialsystem Jupiters stellt, sowohl dem Raum als der Zeit nach, ein Bild des Planetensystems im Kleinen dar. Die Millionen von Meilen sind hier durch Tausende, die Jahre durch Tage repräsentirt, der Centralkörper gleichfalls durch einen tausendmal kleineren, und in den Perioden der wechselseitigen Störungen, welche sie auf einander ausüben, nehmen Jahrzehende die Stelle von Myriaden-Jahren im Planetensystem ein.

Von den grossen und langsamen Veränderungen, welche in letzerem vorgehen, belehrt uns bis jetzt ausschliesslich die Theorie, denn das Menschengeschlecht beobachtet den Himmel noch nicht lange genug, um sie direkt wahrzunehmen. Sie würden jeder praktischen Gewähr entbehren, zeigten sie sich nicht im Jupiterssystem in ganz gleicher Art, aber in tausendmal kürzeren Perioden. Die Bedingungen des Gleichgewichts und der Stabilität können im Jupiterssystem am besten studirt werden, und die kühnen, Aeonen umfassenden Schlüsse des Analysten sind auch selbst in Beziehung auf die Jetztwelt keine blosse Speculation mehr, denn hier finden sie ihre volle Anwendung.

Die Arbeiten, welche wir den grossen Analysten der letzten 50 Jahre, namentlich *Lagrange*, *Delambre* und *Laplace*, über die Bewegungen der Jupiterstrabanten verdanken, haben deshalb eine viel allgemeinere Wichtigkeit. Die grosse Ausführlichkeit vieler hierher gehörigen Bestimmungen, namentlich der Umlaufszeiten auf Zehntausendtheile der Zeitsekunden, ist keineswegs fiktiv: die höchst scharfsinnige, über alle Schwierigkeiten siegreiche Analyse, verbunden mit sehr genauen und lange Zeit fortgesetzten Beobachtungen, hat eine solche Präcision der Daten möglich gemacht.

Die gegenseitige Abhängigkeit der Trabanten von einander wird man am besten übersehen, wenn wir die Formeln hersetzen, nach denen die numerischen Bestimmungen entwickelt werden.

Man nenne l_1, l_2, l_3, l_4, die mittleren Längen des 1 2 3 4 Trabnt.
p_3, p_4, die Perijovien des 3 4 -
v_1, v_2, v_3, v_4 die wahren Längen des 1 2 3 4 -
A die mittlere Anomalie Jupiters,

so hat man folgende Gleichungen:

$$v_1 = l_1 + 27' \; 16'',4 \sin 2 (l_1 - l_2)$$

$$v_2 = l_2 + 1^0 \; 4' \; 22'',3 \sin 2 (l_2 - l_3) - 36'',07 \sin A$$

$$v_3 = l_3 + 9' \; 13'',7 \sin (l_3 - p_3) + 4' \; 5'',1 \sin (l_3 - p_4)$$
$$- 4' \; 21'',8 \sin (l_2 - l_3) - 47'',76 \sin A$$

$$v_4 = l_4 + 50'\,2'',0 \sin(l_4 - p_4) - 1'\,11'',5 \sin(l_4 - p_3) - 1'\,53'',33 \sin A$$

Mehrere kleinere Correctionen sind hier übergangen, um die Formeln nicht zu sehr zu verwickeln. Die beim zweiten, dritten und vierten Trabanten vorkommenden Glieder mit dem Argument A sind Analoga der in der Bewegung unseres Mondes erscheinenden jährlichen Gleichung. Der erste Trabant hat nur vom zweiten eine merkliche Störung zu erleiden, so wie der zweite vom dritten.

Der dritte und vierte stören sich gegenseitig so, dass jeder von ihnen eine doppelte Mittelpunktsgleichung hat, die eine abhängig von seinem eigenen Perijovium die zweite abhängig vom Perijovium seines Nachbartrabanten. — Diese Perijovien selbst haben starke Bewegungen, beim dritten Trabanten jährlich 2° 36′ 39″,17; beim vierten 42′ 58″,73.

Die Knoten der wirklichen Trabantenbahnen auf ihrer mittleren Bahn laufen rückwärts, und von dem Orte dieses Knotens hängt die jedesmalige wahre Neigung gegen die Bahn Jupiters ab. Beim ersten Trabanten ist die Abweichung von der mittleren Bahn ganz unmerklich, beim zweiten laufen die Knoten in 29,8798 Jahren, beim dritten in 140,971 Jahren, beim vierten in 520,712 Jahren um den Himmel herum.

§. 149.

Die Verschiedenheiten des Lichtglanzes der Trabanten, deren im Vorigen gedacht worden ist, können begreiflicherweise nicht von einem Phasenwechsel herrühren: ein solcher findet für unsern Anblick nicht allein gar nicht statt, sondern würde auch, wenn er stattfände, alle Trabanten in gleichem Maasse treffen und könnte in ihren relativen Unterschieden keine Veränderung bewirken. Gleichwohl ist bald der dritte, der hellere, bald der erste; einmal treten der zweite und noch mehr der vierte gegen die übrigen entschieden zurück, ein anderes Mal unmerklich oder gar nicht. Dass sie ihren Grund ferner nicht in der grösseren oder geringeren scheinbaren Entfernung des Trabanten vom Jupiter haben, lehrt eine genaue Vergleichung der dahin bezüglichen Beobachtungen, wie namentlich der ältere *Herschel* sie angestellt hat. Vielmehr muss der Grund dieser Erscheinung in einer verschiedenen Reflexionsfähigkeit der einzelnen Oberflächentheile der Trabanten gesucht werden, die uns, wenn wir näher ständen, als Flecke erscheinen würden, wie man denn in der That am vierten Monde etwas fleckenähnliches gesehen haben will (er erscheint zuweilen an seinen Rändern heller, so dass er fast das Ansehen eines kleinen

Ringes hat). So sind diese Bemerkungen ein Mittel geworden, die Rotationsperiode der Monde zu bestimmen, und *Herschel* findet diese, ganz wie bei unserm Monde, der Umlaufsperiode völlig gleich.

Ein gleiches Resultat (wiewohl nur für den ersten und zweiten mit Bestimmtheit) erhielt ich aus einer Reihe von Beobachtungen im J. 1835 über die relative Helligkeit der vier Trabanten. Der dritte schien sich wenig oder gar nicht zu verändern, am auffallendsten waren die Veränderungen des zweiten und vierten Trabanten. Für den letztern erhielt ich (mit Ausnahme einer widersprechenden Beobachtung) ebenfalls das Herschel'sche Resultat.

Secchi in Rom hat mit 1000maliger Vergrösserung in sehr günstigon Momenten auf dem dritten Trabanten Flecke gesehen, und glaubt daraus schliessen zu können, dass dieser grösste Trabant in kürzerer Zeit um seine Axe rotire, und ein Zusammenfallen beider Perioden für ihn nicht Statt finde.

Der Grund jener Erscheinung (Gleichheit der Rotations- mit der Umlaufsperiode) ist gewiss kein anderer als die Anziehung Jupiters, der diese Umdrehungszeiten, wenn sie anfangs auch nur beinahe den Umlaufszeiten gleich waren, ihnen bald völlig gleich machen musste, und dies um so mehr, als die Masse des Hauptplaneten so überwiegend gross ist. Folglich wenden diese Monde, wenigstens die beiden innern, (bis auf eine kleine Libration, die viel geringer als bei unserm Monde ist) ihrem Hauptplaneten stets dieselbe Seite zu.

Es giebt also auf den Jupitersmonden Seiten, welche nie den Hauptplaneten sehen, andere welche ihn stets erblicken, und eine Randzone, die auf dem innersten Trabanten am breitesten ist, in der man nur einen Theil der Jupiterskugel (und zwar einen etwas veränderlichen) erblickt. Für einen gegebenen Ort auf einem Jupitersmonde schwebt also die Riesenkugel stets an einer und derselben Stelle des Himmels mit sehr geringen, auf einige Zehntel des Jupitersdurchmessers sich beschränkenden Veränderungen. Dagegen giebt es auch auf der Jupiterskugel Gegenden, welche theils einige, theils alle Monde stets unter ihrem Horizont haben, nämlich die Gegenden in der Nähe der Pole. Die sehr bedeutende Parallaxe erniedrigt nämlich die Monde, wenn sie nahe dem Horizont stehen, um 2 bis 10 Grade und da sie fast ganz in der Ebene des Jupitersäquators laufen, so bleiben sie den Umwohnern der Pole bis auf gewisse Distanzen stets verborgen.

§. 150.

Die Jupiterskugel erscheint den Trabanten unter folgenden scheinbaren Grössen:

	Aequator-Durchmesser	Polar-Durchmesser
dem 1. Monde	19° 46′	18° 19′
- 2. -	12 23	11 28
- 3. -	7 45	7 11
- 4. -	4 24	4 5

Die Hälfte dieser Grössen sind die Horizontalparallaxen der Monde resp. für den Aequator und die Polarregionen, und die Neigungen der Bahnen gegen Jupiters Aequator bleiben weit unter diesem Werthe. So wird also der Trabant:

1. nicht mehr gesehen jenseit des 81° der n. oder s. Breite
2. - - - - - 85½ - - - - - -
3. - - - - - 86¾ - - - - - -
4. - - - - - 88¼ - - - - - -

Statt dass also auf unserer Erde während der langen Nacht der Pole der Mond um die Zeit der Opposition mehrere Tage hindurch gar nicht untergeht, ja für die Pole selbst 14 Tage lang ununterbrochen (und zwar im Winter jedesmal während der Lichtperiode) über dem Horizont bleibt, wird die 6 Jahre lange Polarnacht Jupiters durch keines Mondes Schein gemildert.

Doch auch selbst den Bewohnern des Aequators, die dort in Bezug auf Mondschein noch am günstigsten gestellt sind, geht noch, verglichen mit uns Erdbewohnern, viel davon verloren. Der erste Mond steht z. B. während seiner $42^h\ 28'\ 36''$ haltenden synodischen Umlaufsperiode, in Folge der fast 10° betragenden Parallaxe, nur $18^h\ 54'\ 27''$ über, dagegen $23^h\ 34'\ 9''$ unter dem Horizont eines gegebenen Ortes. Von ersteren fallen $9^h\ 27'\ 13''$ in die Nächte, allein hiervon subtrahiren sich noch $2^h\ 15'$ für die Dauer der jedesmaligen Finsterniss, es bleiben also nur $7^h\ 12'$, d. h. ein Sechstel der ganzen Zeit, wirklicher Mondschein übrig, während welcher Zeit die Scheibe des Mondes übrigens nie wirklich voll wird, so dass das Beste des Mondscheins constant verloren geht. Für jede andere nördliche oder südliche Breite auf Jupiter sind die Beschränkungen, im Verhältniss des Abstandes zum Aequator, noch grösser als die hier angegebenen. Der erste Mond, wie wir gesehen haben, erleuchtet zusammen nur ⅓ der Jupitersnacht des Aequators, in 64° Br. ist dies nur ¼, in 69° nur ⅕ u. s. w., bis es sich unter 81° Br. auf Null reducirt. Für die übrigen schwächer leuchtenden Monde (denn das

Licht der drei entfernteren zusammengenommen ist nicht so stark, als das des ersten) beträgt des Ausfall, den die Parallaxe und die Finsternisse veranlassen, allerdings weniger, doch ist er immer auch beim entferntesten noch bedeutend stärker, als bei unserem Monde.

Einen Schein wie etwa unser Mond (doch auch nur im Verhältniss zum Sonnenlichte, dem absolut genommen ist alles Licht dort 27 mal schwächer als unter gleichen Umständen bei uns) kann nur der erste Trabant gewähren, der zweite und dritte jeder etwa $^2/_7$ und der vierte $^1/_5$ desselben. Auch ist die Behauptung, die man hin und wieder liest, dass jede Nachtstunde Jupiters wenigstens durch einen Mond erhellt werde, irrig; sowohl unter dem Aequator als unter den übrigen Breiten geht manche Nacht ohne allen Mondschein vorüber.

§. 151.

Man hat häufig die grössere Zahl der Monde, welche um die entfernteren Planeten kreisen, mit der vermeintlichen Absicht in Verbindung gebracht, diesen Planeten einen Ersatz für das ihnen zu Theil gewordene schwächere Sonnenlicht zu gewähren; ja man hat uns ungemein reizende Schilderungen über dieses „sanfte, mit dem Sonnenlicht sich vermischende Mondlicht“ gegeben. Wäre dies wirklich die Hauptabsicht des Urhebers der Welten bei der Bildung der Trabanten gewesen, so müsste man gestehen, dass sie auf eine höchst unvollkommene Weise erreicht ist, da gerade denjenigen Gegenden, die eines solchen Ersatzes am meisten bedürftig sind, das geringste Quantum des Mondscheins zu Theil geworden ist, während es doch so leicht gewesen wäre, diesen „Uebelständen“ durch eine etwas grössere Neigung der Bahnen und eine etwas beträchtlichere Entfernung vom Jupiter bei grösseren Durchmessern der Monde abzuhelfen.

Umgekehrt kann man dagegen allerdings sagen, dass Jupiter die ihm zugewandte Seite seiner Monde beträchtlich stark erleuchte. So hat z. B. der innerste Mond während seines $42^1/_2$ stündigen Umlaufs 19 Stunden wirklichen Sonnentag, $21^1/_4$ Stunden Jupitersschein, der dem Tage nicht allzusehr nachsteht, und $2^1/_4$ Stunde wirklich dunkle Nacht (während der Finsterniss). Für die übrigen Monde ist die Theilung in Tag und Nacht gleichmässiger, der Jupitersschein dagegen weniger intensiv.

Ueberhaupt aber, wie kann der Mondschein das Mittel sein, einem zu geringen Sonnenschein nachzuhelfen, da die Trabanten nur in demselben Verhältniss wie ihre Hauptpla-

neten erleuchtet werden? Bei Tage ist ein Jupiters- oder Saturnsmond vollkommen eben so wirkungslos als unser eigener; nur die Nächte könnten also in Betracht kommen. Sind denn aber die 5stündigen Nächte Jupiters und Saturns etwa dunkler, als die 12stündigen der Erde oder des Merkur? Für die Nacht ist es ja durchaus gleich, ob die Sonne 10 oder 100 Millionen Meilen entfernt sei, und wo bleibt also nun das vermeintlich stärkere Bedürfniss?

In der That, nur unsere Einseitigkeit und Eigenliebe ist es, die den Bewohnern fremder Weltkörper unsere Einrichtungen und Bedürfnisse, und dem allweisen Urheber des Weltalls unsere altklugen Zwecke unterlegt. Wie jeder andere leuchtende oder erleuchtete, grosse oder kleine, primäre oder sekundäre Weltkörper sind auch die Monde Jupiters zunächst und hauptsächlich vorhanden um ihrer selbst willen, und nichts weniger als blosse Diener eines anderen Körpers. Dies schliesst gegenseitige Wechselbeziehungen und eine allgemeine Harmonie des Ganzen keinesweges aus, nur setze man solche Beziehungen nie als Hauptzweck, und spreche namentlich nicht von einem Bedürfniss des Mondscheins, das sicher weder für die Erde noch für irgend einen anderen Weltkörper vorhanden ist, da sonst auf eine weit bessere und vollständigere Weise für die Befriedigung desselben gesorgt sein würde. — Ein Merkurstrabant in einem Abstande wie der der Erde würde (wenn die Massen Merkurs und der Erde m und M, ihre Distanzen von der Sonne d und D sind, von der Sonne im Verhältniss von $\frac{M}{m} \cdot \frac{D^3}{d^3}$ d. h. etwa 190mal stärker gestört werden als der Erdmond; dies würde jede regelrechte Bahn unmöglich machen — deshalb und aus keinem anderen Grunde hat Merkur keinen Mond. Ceres und Pallas haben ebenfalls keinen erhalten, denn sie sind zu klein, während die der Sonne 3mal nähere Erde nicht leer ausgegangen ist. Die Vertheidiger des Beleuchtungszweckes mögen es versuchen, diese in der That groben Incongruenzen aufzuklären*).

*) Die sogenannte Conjectural-Astronomie gehört eigentlich nicht in den Plan dieses Werkes, und aus diesem Grunde hätte ich es vorgezogen, den letzten Theil dieses Paragraphen lieber ganz zu unterdrücken. Allein die gegnerische Meinung ist zu oft und mit zu grosser Bestimmtheit ausgesprochen worden, während, so viel mir bekannt, noch Niemand die öffentliche Aufmerksamkeit auf ihren Ungrund geleitet hat, deshalb schien mir diese Digression gleichsam geboten zu sein.

§. 152.

In Beziehung auf das Gravitationsverhältniss steht Jupiter in einem sehr starken Gegensatze zu seinen Monden. Während die Fallhöhe in der ersten Sekunde an Jupiters Aequator 33,7 und an den Polen 41,5 Fuss beträgt, sind diese Höhen auf seinen Trabanten folgende:

auf dem ersten 0,910 Fuss
- - zweiten 1,481 -
- - dritten 2,113 -
- - vierten 1,392 -

mithin selbst auf dem dritten noch erheblich schwächer als auf unserem Monde. Eine vom Jupiter auf einen seiner Trabanten gebrachte Uhr ginge dort um das Vier- bis Sechsfache zu langsam. Uebrigens veranlasst Jupiters Anziehung für die verschiedenen Seiten seiner Trabanten, besonders des innersten, einen nicht unbeträchtlichen Unterschied der Schwere und also auch der Fallhöhen.

Unser Mond ist in eine Entfernung vom Hauptplaneten gestellt, welche den 400sten Theil der Sonnenentfernung beträgt; der äusserste Jupitersmond steht gegen seinen Hauptplaneten genau in demselben Verhältniss. Mithin wird von der Sonne aus das Erdsystem und das Jupiterssystem unter demselben Winkel gesehen. Die Störungen, welche der 4te Trabant von der Sonne erleidet, würden also denen unseres Mondes etwa gleich sein, wenn Jupiters Masse der der Erde gleich wäre; sie ist aber 340mal grösser und folglich müssen die Störungen beiläufig um eben so viel kleiner sein. In der That beträgt die der Evection analoge Störung des 4ten Trabanten nur 21″,69, und die der Variation verwandte 4″,21 im Maximo, und bei den übrigen Trabanten sind diese beiden ganz unmerklich.

§. 153.

Der bereits erwähnte Umstand, dass der zweite Mond bis auf $20^2/_3$ Minuten Ueberschuss die doppelte synodische Umlaufszeit des ersten hat, veranlasst jedesmal nach 247 Umläufen des ersten und 123 des zweiten ein Zusammenfallen der Oppositionen beider Trabanten und folglich eine gleichzeitige Verfinsterung derselben, die dann mehreremale hintereinander stattfindet, und diese Periode von 437 Erdentagen theilt das Jupitersjahr sehr nahe in 10 gleiche Theile. In einer solchen Periode vollendet der dritte Mond nahe 61, der vierte 26 synodische Umläufe, jene währen $17^3/_{10}$, diese $40^1/_2$ Jupiterstage. Eine ähnliche grosse Periode findet auch

in Absicht der Coincidenzen des zweiten und dritten Trabanten statt, und zwar fallen diese letzteren in die Mitte des Zeitraums zwischen zweien Coincidenzen des ersten und zweiten, wogegen die Coincidenzen des ersten und dritten mit denen des ersten und zweiten nahe um dieselbe Zeit eintreten, so dass zwischen der gemeinschaftlichen Verfinsterung des ersten und zweiten und der des ersten und dritten nur ein synodischer Umlauf des ersten Trabanten liegt. So ereignete sich

am 9. Febr. 1831 die Verfinsterung des ersten und zweiten gleichzeitig,
am 11. - - - ersten und dritten gleichzeitig,

und dies kehrte nach 437 Tagen wieder. Nach Verlauf der Hälfte dieses Zeitraums aber traf

am 21. Septbr. 1831 gleichzeitig eine Verfinsterung des dritten und zweiten Mondes ein,

was auch schon am 14. Septbr. nahezu der Fall gewesen war, und dies wiederholte sich gleichfalls nach 437 Tagen. — In Beziehung auf den vierten Mond verwickeln sich diese Perioden schon mehr und leiden überdiess Ausnahmen durch den theilweisen Ausfall seiner Finsternisse. Man könnte also folgende beiläufige Eintheilungen des Jupitersjahres machen:

das ganze Jahr zerfällt in 20 Coincidenzperioden;
jede Coincidenzperiode in 13 Umläufe des 4. Trabanten;
jeder dieser Umläufe in 40½ Tage des Jupiter.

Die 20 Perioden sind indess um 40 Erden- oder 95 Jupiterstage länger als das Jahr Jupiters, so dass in einzelnen Jahren eine Periode ausfallen müsste, umgekehrt wie man bei uns Tage oder auch Monate einschaltet.

Saturn.

§. 154.

Jahrtausende hindurch nahm Saturn die äussersten Grenzen des Planetensystems ein, und jenseit derselben kannte das Alterthum nur die Fixsternwelt und das vermeintliche Primum mobile. *Halley* hat es zuerst gewagt, einen Cometen über die Grenzen der Saturnsbahn hinauszuschicken: und seine glückliche Rückkehr gab Zeugniss, dass auch jenseits derselben die Herrschaft der Sonne noch Anerkennung finde, und ihre Anziehung noch Bewegungen erzeuge; doch erst im Jahre 1781

ward der Markstein der Planetenwelt durch die Entdeckung des Uranus um das Doppelte und im Jahre 1846 durch die Entdeckung des Neptun um mehr als das Dreifache weiter hinausgerückt. Das Volumen und die Masse des Saturns sind kleiner als die des Jupiter und grösser als die des Uranus.

Saturn umkreiset die Sonne in einem mittleren Abstande von 9,538850 oder 188½ Millionen Meilen; seine Excentricität ist 0,0560265 mit einer sekulären Abnahme von 0,0003099, der stärksten, welche bei den älteren Planeten vorkommt. Hiernach ist seine grösste Entfernung von der Sonne gegenwärtig 10,073278 und seine kleinste 9,004422 oder resp. 199¼ und 178¼ Mill. Meilen; sein Abstand von unserer Erde wechselt zwischen 159½ und 219 Millionen. Seine siderische Umlaufszeit beträgt 29 Jahre 166 T. 23^h 16′ 32″, seine tropische 29 J. 154 T. 16^h 30′ 10″, die synodische 1 J. 12 T. 20^h. Seine auf einander folgenden Oppositionen stehen am Himmel nur 12—13 Grad auseinander, und die tägliche heliocentrische Bewegung in Länge ist nur 2 Minuten. Das Perihelium liegt in 89° 54′ 41″,2 und rückt jährlich siderisch um 19″,32 vor; die Neigung der Bahn gegen die Ekliptik beträgt 2° 29′ 29″,9 mit einer jährlichen Veränderung von — 0″,15; und der aufsteigende Knoten der Bahn liegt in 112° 16′ 34″,2 und rückt jährlich tropisch um 14″,17 vor, siderisch um 36″,04 zurück.

Von der Sonne wird er 91mal schwächer als die Erde erleuchtet, 81mal in der Sonnennähe, 101mal in der Sonnenferne.

Er ist durchschnittlich während 137 Tagen rückläufig und legt in dieser Zeit einen Bogen von 6° 48′ zurück.

Nach *Bessel's* sorgfältigen, 3 Jahre hindurch fortgesetzten Messungen hat er einen Polardurchmesser von 15″,381 und einen Aequatoreal-Durchmesser von 17″,053 in mittlerer Entfernung von Sonne und Erde. Hiernach beträgt seine Abplattung $\frac{1}{10,2}$, und sie ist folglich noch um ein Beträchtliches stärker, als die des Jupiter. *Herschel* glaubte auch eine eigenthümliche Figur des Saturn wahrgenommen zu haben, so dass nicht allein die Pole, sondern auch die Aequatorealzonen rings herum abgeplattet seien und die beiden grössten Durchmesser etwa unter 35° der nördlichen und südlichen saturnographischen Breite ausliefen, doch haben *Bessel's* genaue, unter sehr günstigen Umständen angestellte Messungen dies als unbegründet gezeigt, wie es denn auch theoretisch unerklärlich wäre. — In den Oppositionen kann der Aequatordurchmesser auf 20″,3 steigen, sich aber in den Conjunctionen auf 14″,7 vermindern.

Hieraus und aus den angeführten Abständen folgt nun weiter ein wahrer Durchmesser des Saturn-Aequators von

15594 und einer der Pole von 14051 Meilen Der mittlere, d. h. der Durchmesser einer Kugel vom Volumen des Saturn, beträgt 15077 Meilen und er übetrifft hiernach die Erde an Grösse 674 mal, oder er ist etwas mehr als die Hälfte des Jupiter-Volumens.

Andere Beobachter finden den Saturn grösser, so den Aequ.-Durchmesser

Secchi in Rom 17",689
Jacobs in Poonah 17",940
Lassel in Malta 17",453 und den Polard. 15",827.

Doch findet sich bei keinem dieser Beobachter eine solche innere Uebereinstimmung wie bei *Bessel.*

Nach *Bessel's* Untersuchungen über die Bahn des sechsten Saturnstrabanten beträgt die Saturns-Masse $\frac{1}{3500,2}$ der Sonnenmasse. Das ist aber die Gesammtmasse des Saturnsystems, wie sie z. B. bei den von ihm veranlassten Störungen in Rechnung kommen muss, und von welcher der Ring einen nicht ganz unbeträchtlichen Theil einnimmt (s. weiter unten). Für den Saturnskörper selbst bleiben $\frac{1}{3500,1}$, und hiernach ist Saturn nur 96 mal schwerer als unsere Erde. Da er aber 738 mal grösser ist, so wird seine Dichtigkeit nur 0,130 der Erd-Dichtigkeit oder etwa $^1/_8$; beiläufig die des Tannenholzes. Da nun aber eine ähnliche Rechnung wie die oben für Jupiter geführte uns belehrt, dass eine vorausgesetzte homogene Dichtigkeit der Saturnskugel auf eine noch weit stärkere Abplattung führt, so ist auch Saturn, eben so wie Erde und Jupiter, im Innern beträchtlich dichter als an der Oberfläche, so dass für diese nur etwa die Dichtigkeit des Korkes übrig bleibt. Jedenfalls steht sie also tief unter der des Wassers, und wir kennen keine tropfbare Flüssigkeit, welche die Dichtigkeit des Saturn nicht überträfe. Mit Ausnahme der Kometen kennen wir keinen Weltkörper von so geringer Dichte.

§. 155.

Er erscheint in einem mattröthlichen Lichte, zwar als Stern erster Grösse, aber doch beträchtlich kleiner als Jupiter, ja kleiner als Mars in seiner günstigsten Stellung. Doch ist der wahrgenommene Unterschied zwischen Saturn und Mars viel zu unbeträchtlich, als dass er der Berechnung, nach welcher Mars 60 mal heller als Saturn sein müsste, entsprechen könnte, diese Wahrnehmung bestätigt also, was wir schon aus der Vergleichung zwischen Jupiter und Mars über die Lichtabsorption des letzteren gefolgert haben. Denn auch bei Saturn kann die Lichtentwickelung, welche unabhängig von der Sonne

stattfindet, nicht so beträchtlich sein, dass sie den Glanz des Planeten bemerkbar zu erhöhen im Stande wäre, da die Schatten auch auf ihm sich in ziemlicher Schwärze darstellen.

Ein grauer, rings um die Kugel sich erstreckender und beiläufig wenigstens den Aequator bezeichnender Streifen zeigt sich constant, er ist schwerer sichtbar als die Jupitersstreifen, und fällt wie diese nach dem Rande des Planeten zu unbestimmt ab; er scheint von ähnlicher Natur als die Jupitersstreifen zu sein, und nur die beträchtliche Entfernung hindert uns, seine Ungleichheiten eben so gut wie bei jenen wahrzunehmen. Doch ist es *Herschel* gelungen, fleckenartige Verdickungen in ihm wahrzunehmen, welche, obwohl weit unbestimmter als die Jupitersflecke, ihn dennoch eine Rotation von $10^h\ 29'\ 17''$ erkennen liessen. Indess ist die Bestimmung noch unsicher und späteren Beobachtern hat sich noch keine Gelegenheit gezeigt, sie zu prüfen. Eine Rotation von $10^h\ 40'\ 27''$ würde unter Annahme des *Bessel*'schen Durchmessers die Rotationsgeschwindigkeit der mittlern Bahngeschwindigkeit Saturns völlig gleich machen. Es gäbe dies 24191 Saturnstage im Jahre. Auch erblickte *Herschel* mehrere Streifen, doch so, dass der gewöhnlich sichtbare der intensivere war. — Nehmen wir die obige *Herschel*'sche Rotation an, so folgt für ein Saturnsjahr die beträchtliche Summe von 24620 Saturns-Tagen (10759 Erdentagen).

Aus den angeführten Daten folgt nach dem Clairaut'schen Theorem (§. 134.)

die unverminderte Fallhöhe am Aequator	16',149
die Schwungkraft	2',7026
mithin die verminderte Schwerkraft am Aequator	13',4464
die Zunahme vom Aequator bis zum Pole	5',2875
mithin die Schwerkraft am Pole	18',7337

Die Schwere am Aequator ist demnach nur 0,89 derjenigen, welche am Erdäquator statt findet, wogegen die Schwere am Pole Saturns 1,25 der an den Erdpolen beträgt. 100 Pfund auf der Erde sind am Saturnsäquator 89, an den Saturnspolen 125 Pfund; der stärkste Unterschied dieser Art, den wir im Sonnensystem kennen.

§. 156.

Jedoch die merkwürdigste Eigenthümlichkeit des Saturn sind die ihn concentrisch umgebenden, sehr breiten und dabei sehr dünnen Ringe. Sie schweben frei in der Ebene des Aequators Saturns, dem also nur die innere schmale Kante des innersten Ringes zugewandt ist. Will man die breiten Flächen

dieses und der übrigen Ringe sehen, so muss man, sei es auf dem Saturn oder wo 'sonst immer im Weltenraume, sich aus der Ebene des Saturnsäquators nach Norden oder Süden entfernen.

Bessel hat den äusseren Durchmesser des äusseren Ringes durch 44 Messungen mit dem grossen Königsberger Heliometer auf 39″,311 in der mittleren Entfernung Saturns bestimmt, was auf einen wirklichen von 36457 Meilen führt. Der innere Durchmesser beträgt, nach anderen Messungen, 26″,67, was 24,373 Meilen giebt. Die ganze Breite sämmtlicher Ringe beträgt hiernach, die Zwischenräume mitgerechnet, 5781 Meilen, und der Abstand von der Oberfläche Saturns (unter seinem Aequator) 1524 Meilen. Ihre Dicke ist jedenfalls sehr unbeträchtlich.

Auch hier gilt die obige Bemerkung, und die Resultate weichen noch weiter ab:

Secchi,	äusserer Ringdurchmesser	40″,660;	innerer	26″,295.
Jacobs,	- -	39″,997;	-	26″,271.
Lassel,	- -	40″,881,		

In neuerer Zeit ist (zuerst in England) zwischen dem inneren Ringe und der Kugel noch ein sehr schwer sichtbarer dunkler Ring wahrgenommen worden, der etwa die Hälfte der Lücke ausfüllt. Mir erschien er in den wenigen Abenden, wo ich ihn mit Bestimmtheit erblickte, schwärzlich grün. Nach *Schwabe* ist er nicht ganz gleichförmig; die Mitte ist etwas heller und in der westlichen Anse erscheint er dunkler al sinder östlichen.

Als nach Erfindung des Fernrohrs im Anfang des 17ten Jahrhunderts die grossen und ungeahnten Entdeckungen in rascher Aufeinanderfolge begannen, gewahrte man auch diese Erscheinung, doch anfangs nicht recht deutlich. Einige Astronomen nannten den Saturn dreifach (tergeminus). Man hatte zwei rundliche Körper rechts und links bei Saturn gesehen und anfangs für Monde gehalten; nach 3 Jahren verschwanden sie allmählich. *Hevel* giebt zuerst eine ziemlich richtige Zeichnung, in welcher Saturn gleichsam mit zweien Henkeln versehen ist: eine befriedigende Erklärung aber vermag er nicht aufzustellen. Endlich in der Mitte des 17ten Jahrhunderts kam *Huygens*, unterstüzt durch eigene schärfere Beobachtungen, auf die richtige Vorstellung. Der Ring umgiebt freischwebend den Planeten in einer Ebene, die sowohl gegen die Ebene der Saturns- als auch der Erdbahn eine beträchtliche

Neigung hat*) Wäre diese Neigung = 90°, so müssten wir zu Zeiten den Ring als freien Kreis um Saturn schweben sehen, denn die Erde würde sich während eines Saturnjahres einmal im Nord- und ein anderes mal im Südpole des Ringes befinden.

(Fig. 49.) Dies ist nicht der Fall, und die Neigung gegen die Erdbahn ist nur 28° 10′ 34″, deshalb kann der Ring in den beiden äussersten Fällen nur wie *a* und *b* erscheinen, ersteres, wenn sein eigener (und Saturns) Nordpol, letzteres, wenn sein Südpol uns zugewandt ist. (Beide Figuren sind hier so gezeichnet, wie sie im astronomischen Fernrohr erscheinen, da der Saturnsring nur selten durch andere beobachtet wird.) Ist der Abstand vom Knoten der Erdbahn und Ringebene geringer als ein Quadrant, so wird der Ring eine schmalere Ellipse, etwa wie in *c* bilden, wo Saturn zu beiden Seiten übergreift, und steht endlich die Erde in der Knotenlinie beider Ebenen (was gleichfalls während eines Saturnumlaufs zweimal geschieht), so sehen wir keine seiner Flächen, sondern nur die uns zugewendete Hälfte seiner äusseren Kante, die eine gerade Linie bildet, aber, wie die Erfahrung lehrt, in den äussersten Momenten gar nicht wahrgenommen werden kann. (Nur *Herschel* ist es 1789 geglückt, den Ring auch in dieser Lage fortwährend als zarte Linie wahrzunehmen.)

Es sei der Abstand des Saturn vom Knoten der Ring-Ebene in der Erdbahn = m, die Neigunc beider Ebenen gegeneinander = n und die grosse Axe der optischen Ringellipse = a, so ist die kleine Axe b derselben

$$b = a \,.\, \sin m \sin n$$

und es ist mithin leicht, aus den bekannten Oertern Saturns, seiner Distanz und dem Knoten und der Neigung der Ringebene, die jedesmalige kleine Axe zu bestimmen.

§. 157.

Huygens Erklärung hat sich im Ganzen durch alle folgenden Beobachtungen bestätigt, nur im Einzelnen haben uns

---

*) *Huygens* Entdeckung fiel in eine Zeit, wo man neue Wahrheiten nur mit äusserster Vorsicht veröffentlichen durfte. Wahrscheinlich hatte er sie schon früher gemacht; er versteckte sie aber unter den Buchstaben:

aaaaaaa ccccc d eeeee g h iiiiiii llll mm nnnnnnnnn oooo pp q rr s ttttt uuuuu,

die er später so auslegte:

Annulo cingitur, tenui, plano, nusquam cohaerente, ad eclipticam inclinato.

die genaueren Beobachtungen seit *Herschel* mit folgenden Thatsachen bekannt gemacht:

1) Der Ring ist nicht einfach, sondern besteht aus mehren concentrischen, durch leere, ringsherum sich erstreckende Zwischenräume getrennten Ringen von ungleicher Breite.

2) Die verschiedenen Ringe liegen nicht genau in einer Ebene, sondern ihre Ebenen haben kleine Neigungen gegen einander und gegen den Aequator Saturns; die Ringe sind ferner nicht mathematisch genau construirte Körper, sondern sie zeigen sowohl Unebenheiten als auch einzelne Verbiegungen.

3) Das gemeinschaftliche Centrum der Ringe fällt nicht mit dem Centro Saturn zusammen. Indess sind die in 2) und 3) angegebenen Abweichungen so klein, dass es sehr genauer Beobachtungen bedurft hat, um der Thatsache nur im Allgemeinen gewiss zu werden, und dass wir noch keine festen numerischen Bestimmungen über diese Abweichungen geben können.

In Betreff des ersten Faktums fand zuerst *Herschel* 1787, dass der bis dahin für einfach gehaltene Ring in zwei von ungleicher Breite getheilt sei, und die nach 1789 gemachten Beobachtungen, bei denen die andere Seite des Ringes zu Gesicht kam, bestätigten das Vorhandensein einer wirklich offenen Lücke. (Wäre die Theilung nur an der einen Fläche wahrgenommen worden, so war eine andere Erklärung möglich: es konnte blos eine dunkle Zone des einfachen Ringes sein. Früher schon hatten *Cassini* und einige andere Beobachter Aehnliches gesehen, nur nicht so bestimmt als *Herschel*, und deshalb auch keine entscheidende Erklärung wagen können.)

Spätere Beobachter, namentlich *Kater* und *Encke*, haben noch eine zweite Theilung ausserhalb der älteren Herschel'schen wahrgenommen, die den äusseren schmaleren Ring abermals in zwei von ungleicher Breite sondert; und die Astronomen des Collegio Romano haben einer neueren Nachricht zufolge ausser den erwähnten noch 3 Theilungen bemerkt, sämmtlich im äusseren Ringe, während diesseits der alten Herschel'schen Theilung auf dem inneren Ringe nie eine solche mit Sicherheit wahrgenommen ist. Messungen sind indess nur für den inneren Ring und die ältere Theilung vorhanden, und nach ihnen kommen von jenen 5781 Meilen Breite des Ganzen

3571 auf den inneren Ring,
370 auf den grossen Zwischenraum,
1840 auf die äusseren Ringe mit Inbegriff der einzelnen Zwischenräume.

Nach *Dawes* Schätzung (7. September 1843) ist die Breite

des kleinen Zwischenraums auf dem äusseren Ringe = 1/3 der des grossen, also 124 Meilen; *Lassell*, sein Mitbeobachter, schätzte sie eher noch etwas geringer. Von anderweitigen Theilungen erblickten sie nichts.

Bedenkt man, dass selbst in der günstigsten Stellung Saturns gegen die Erde 800 Meilen doch nur eine Sekunde gross erscheinen, so ist es begreiflich, wie diese kleineren Theilungen so lange verborgen bleiben konnten.

In Betreff des zweiten Punktes hat bereits *Laplace* durch die Theorie wahrscheinlich gemacht, dass Ungleichheiten irgend welcher Art in den Ringen vorhanden seien, da bei vollkommener Symmetrie und Homogeneität das Gleichgewicht sich nicht würde erhalten können bei der geringsten von aussen kommenden Störung, wie denn auch aus eben diesen Untersuchungen hervorging, dass ein Umschwung der Ringe um Saturn nothwendig sei. Neuerdings hat *Peirce* Zweifel gegen die Richtigkeit der *Laplace*'schen Erklärung erhoben. Die Ungleichheiten können, nach seiner Darstellung, höchstens nur eine kurze Zeit, nicht aber dauernd, die Störung des Gleichgewichts verhindern. Er hält die Ringe für flüssig, was indess wohl nur von einer unvollkommenen oder Halbflüssigkeit (etwa wie Lava) verstanden werden kann. — Wahrscheinlich ist die Rotation des Ringes, deren Periode gleich der des Saturn sein mag, für sich allein schon hinreichend, der Schwerkraft das Gegengewicht zu halten. Untersuchen wir, wie weit ein Trabant von $10^h\ 29'\ 17''$ Umlaufszeit vom Centro Saturns entfernt sein müsste, so findet sich 15344 Meilen, und dieser Punkt fällt auf den breitesten und hellsten Ring, 1135 Meilen von seiner äusseren Kante entfernt, aber fast genau in die Mitte zwischen den Kanten des ganzen Ringsystems. Dadurch scheint uns das Gleichgewicht hinreichend verbürgt. Das Vorhandensein von Ungleichheiten gebirgiger Art hat bereits *Herschel* durch Beobachtungen nachgewiesen; er fand fünf heller glänzende Punkte auf dem Ringe, welche nicht Trabanten sein konnten, und vermittelst deren er auch die Rotation desselben auf $10^h\ 32'$ bestimmt (wahrscheinlich ist sie der des Saturn selbst gleich und beide sind etwa $10^h\ 30'$ in runder Zahl). Doch auch Ungleichheiten anderer Art müssen nothwendig vorhanden sein, denn aus *Bessel's* Untersuchungen aller von 1700 bis 1833 um die Zeit des Durchgangs der Erde oder Sonne durch die Ebene des Ringes angestellten Beobachtungen folgt, dass er oft noch gesehen worden ist, wenn er nach der für eine mittlere und gleichförmige Ebene geführten Rechnung schon hätte unsichtbar sein sollen, und dass überhaupt die Phänomene des Verschwindens und Wiedererscheinens durchaus

nicht conform, selbst nicht für denselben Beobachter und dasselbe Fernrohr, sich zeigten. Mehrere, wie *Schwabe* in Dessau, sahen die zarte Linie, welche der Ring kurz vor dem Verschwinden bildet, sich in Punkte auflösen, die jedoch zu beiden Seiten an Zahl und Lage verschieden waren; Andere sahen die Linie auf der einen Seite früher verschwinden als auf der anderen, es müssen also sogenannte windschiefe Stellen in den Ringen vorkommen, oder sie können nicht genau in derselben Ebene liegen.

Die Excentricität des Ringes endlich folgt am bestimmtesten aus *Struve's* Messungen. Auch *Schwabe*, *Harding*, *Herschel* und *South* haben sie wahrgenommen; sie scheint etwa eine Viertelsekunde zu betragen (200 Meilen). Die Neigung der Ringebene gegen die Ekliptik ist 28° 10′ 34″ und ihr aufsteigender Knoten in derselben 167° 16′ 23″ (für 1830). Hieraus ergiebt sich die Neigung gegen die Saturnsbahn 26° 49′ 17″, und der aufsteigende Knoten in derselben 171° 17′ 34″.

§. 158.

Der innerste und breiteste Ring zeigt keine Spur einer Theilung, und seine Fläche glänzt noch etwas heller als die Fläche des Planeten. Gleichwohl zeigt sich am innersten Rande dieses Ringes eine Trübung, welche diesen Rand weniger scharf erscheinen lässt und ein Hinderniss genauer Messungen ist, während der äussere Rand desselben, der gegen die grosse Theilung gerichtet ist, sich sehr scharf absetzt und dadurch auch mit dem ihm gegenüberstehenden Rande sehr kontrastirt. Die Räume zwischen Ring und Saturn, so wie zwischen den einzelnen Ringen selbst, scheinen die volle Dunkelheit des Himmelsgrundes zu haben.

Bessel hat (durch die störenden Wirkungen des Ringes auf die Bahn des sechsten Trabanten) seine Masse zu bestimmen versucht, die er = $^1/_{118}$ der Saturnsmasse findet. Da uns eine Dimension desselben (die Dicke) unbekannt ist, so sind wir nicht im Stande, von dieser Masse einen Schluss auf die Dichtigkeit der Ringe zu machen. Nimmt man indess an, dass diese Dichtigkeit der des Saturns selbst gleich sei, so kann man umgekehrt unter dieser Voraussetzung die Dicke bestimmen: sie findet sich $29^3/_5$ geogr. Meilen, was von der Erde aus gesehen für die Oppositionen Saturns nur etwa $^1/_{30}$ Sekunde beträgt. Hieraus ist es begreiflich, dass der Ring, selbst für starke Vergrösserungen, gänzlich verschwinden kann.

Indess ist es nicht wahrscheinlich, dass die Ringe eine überall gleiche Dicke haben, da, abgesehen von den jedenfalls sehr grossen Unebenheiten und Unregelmässigkeiten derselben,

ihre Querdurchschnitte keinesweges Rechtecke sein können, sondern vielmehr wahrscheinlich äusserst schmale und lange Ellipsen sind, so dass das, was wir ihre Kanten nennen, nicht scharf abgesetzte Ecken, sondern starke Krümmungen sind. So hat es wenigstens *Laplace* aus seinen theoretischen Untersuchungen über die Entstehung des Ringes gefolgert.

Es kann übrigens der Ring noch aus zwei anderen Ursachen uns unsichtbar werden. Wenn seine erweiterte Ebene durch die Sonne geht, so bescheint diese nur die äussere Kante des äusseren Ringes und keine der beiden Flächen, und wir sind also dann in dem gleichen Falle, als ginge die Ebene des Ringes durch die Erde. Aber auch in der Zwischenzeit der beiden Momente, während welcher die erweiterte Ebene zwischen Erde und Sonne hindurchgeht, sehen wir nichts von ihm, denn wir haben die dunkle Fläche vor uns, während die von uns abgewendete von der Sonne beschienen wird.

So kann es sich ereignen, dass nach Ablauf eines neuen Saturnsjahres der Ring für uns verschwindet, nach einigen Monaten wieder erscheint, bald darauf abermals verschwindet und dann erst bleibend wieder erscheint. Durch die hinzukommende Bewegung der Erde um die Sonne in einer sowohl gegen die Saturnsbahn als gegen die Ebene des Ringes geneigten Bahn verwickelt sich einigermassen die Folge dieser Erscheinungen und bedarf für jede Wiederholung einer besonderen Vorausberechnung des Verlaufes.

Der Ring verschwand im Jahre 1862 und wird uns im Jahre 1870 am weitesten geöffnet erscheinen.

§. 159.

Wenn aber schon von der Erde aus betrachtet dieses Ringsystem Saturns eins der wunderbarsten und grossartigsten Phänomene bildet, dass der gestirnte Himmel uns gewährt, so ist eine Betrachtung der Erscheinungen, welche Saturn und sein Ring sich gegenseitig darbieten, vollends geeignet, uns in das grösste Erstaunen zu versetzen. Eine übersichtliche Darstellung dieser Erscheinungen hat uns schon vor mehr als 60 Jahren *Bode* im Jahrbuch für 1786 S. 138—148 gegeben, doch konnte diese bei der damals noch sehr unvollkommenen Kenntniss der Gestalt und Grösse der hier zu betrachtenden Körper nur mangelhaft sein. Wir sind jetzt im Stande, genauere Maassverhältnisse zum Grunde zu legen, die Theilung, die Abplattung Saturns und andere speciellere Verhältnisse in Betracht zu ziehen, und uns dadurch ein sehr vollständiges Bild dieser Erscheinungen zu verschaffen.

Nicht für alle Gegenden Saturns ist der Ring sichtbar. Wenn man die äusserste Kante durch I, den Anfang der grossen Theilung durch II, das Ende derselben, also die äussere Kante des inneren Ringes durch III und die innerste Kante durch IV bezeichnet, und man von einem Pole Saturns aus nach dem Aequator zu sich bewegt, so beginnt die Sichtbarkeit

von I	unter	66°	36′	saturnographischer Breite
- II	-	63	37	- -
- III	-	62	57	- -
- IV	-	53	28	- -

während in höheren Breiten die Ringe stets unter dem Horizont bleiben. Unter dem Aequator steht man ihnen am nächsten und sie gehen hier von O. nach W. durchs Zenith, allein man sieht nur die innere schmale Kante, und der Ort, wo sie in ihrer grössten Breitenerstreckung gesehen werden, liegt auf der Saturnskugel unter 37° 30′, wo das ganze System 15° 26′,2 breit erscheint. Der innere Ring, allein betrachtet, erscheint am breitesten unter 35° 30′, nämlich 11° 26′,5; die grosse Theilung ist am besten sichtbar unter 42° 45′, wo sie 47′,2 in der Breite einnimmt.

Für eine bestimmte Gegend der Saturnskugel behalten die Ringe stets eine bestimmte Lage am Himmel, und bilden grosse Bögen, parallel der täglichen Bewegung der Sonne und der übrigen Gestirne. Während des Sommerhalbjahrs einer jeden Halbkugel vollendet die Sonne ihren täglichen Lauf oberhalb dieser Bögen, und man sieht deren erleuchtete Seite sowohl bei Tage als bei Nacht, doch fehlt während der letzteren ein vom Saturnsschatten getroffenes Stück, welches Abends im Osten, um Mitternacht im Süden (und resp. Norden) und Morgens im Westen liegt. Um Mitternacht gewähren dann die erleuchteten Theile den hier dargestellten Anblick.

(Fig. 50.) *AB* ist der südliche (oder resp. nördliche) Horizont einer ausserhalb des Aequators und innerhalb der oben angegebenen Sichtbarkeitsgrenzen gelegenen Landschaft Saturns: *ACDB* ist die äusserste, *KEFL* die innerste dem Saturn zugewendete Kante des Ringes. Der Theil *ECDF* ist durch den Schatten der Saturnskugel verdunkelt, das Uebrige sind grosse leuchtende Bögen, und in *G* und *H* beginnen die Lücken, welche die Haupttheilung des Ringes bezeichnen. Während der kürzesten Sommernächte erreicht Saturns Schatten nicht mehr die äusserste Kante, die Lücke *CD* ist also alsdann nicht vorhanden und das beschattete Stück ist durch die punktirte Linie begrenzt. Auf diese Weise muss die Dunkelheit der kurzen Sommernächte für Saturn durch den Ring bedeutend gemildert werden, weit mehr als dies durch unseren Vollmond geschieht.

Während des Winterhalbjahres dagegen sieht man nicht allein nichts vom Ringe, sondern er raubt auch den Bewohnern Saturns einen grossen, ja einigen Gegenden den grössten Theil des Lichtes, was sie ohne ihn von der Sonne empfangen würden. Sobald nämlich das Herbstäquinoctium eintritt, verdunkelt sich fast plötzlich das ganze Ringsystem, und sein Ort am Himmel ist alsdann nur dadurch wahrnehmbar, dass es eine beträchtliche Anzahl von Sternen fortwährend verdeckt. Man sieht die Sonne in ihrem Tagesbogen dem Ringe täglich näher kommen und endlich die äusserste (obere) Kante desselben erreichen, womit eine grosse Sonnenfinsterniss beginnt, welche mehrere Erdjahre dauert. Sie wird auf eine kurze Zeit durch den Sonnenschein, welcher durch die Theilungen des Ringes hindurchgelassen wird, unterbrochen, und die Mitte dieser grossen Finsterniss fällt mit der Mitte des Winters zusammen, ausser in den Gegenden, wo die Sonne unterhalb des Ringes in den kürzesten Tagen wieder zum Vorschein kommt, was zwischen dem $23^1/_2{}^0$ nördlicher und südlicher Breite geschieht. Die längste Dauer der Finsternisse findet für die saturnographische Breite 23° 27′ statt, wo sie mit einer 188tägigen (nach Erdentagen gezählt) beginnt, sodann 52 Tage lang durch die Theilung unterbrochen wird, hierauf 3261 Tage lang durch den inneren Ring stattfindet, abermals 52 Tage unterbrochen ist und mit einer 188tägigen Finsterniss schliesst. Zehn Erdjahre hindurch hat also diese Saturnsgegend im Winter keinen Sonnenschein.

Für die übrigen Gegenden der Kugel übersieht man die Dauer der Finsterniss (wovon die durch die Theilung veranlassten Unterbrechungen abzuziehen sind) aus folgender kleinen Tafel

	Vom Anfang bis zum Ende der Finsterniss verfliessen Erdentage	Unterbrechungen durch die grosse Theilung, Erdentage	Unterbrechung in der Mitte des Winters, Erdentage
unter 5° Breite	2 × 203	2 × 9	4633
10	2 × 484	2 × 24	3708
15	2 × 756	2 × 30	2829
20	2 × 1141	2 × 42	1691
25	3640	2 × 53	—
30	3312	2 × 68	—
35	3037	2 × 84	—
40	2714	2 × 105	—
45	2451	2 × 144	—
50	2230	2 × 182	—
55	2051	2 × 267	—
60	1955	740	—
65	1871	—	—

Dr. *Lardner* hat (in den Memoirs of the Astronomical Society) darauf aufmerksam gemacht, dass diese Resultate einer Modification bedürfen. Ein Theil der Tage, welche in die Finsterniszeit fallen, hat diese nicht während seines ganzen Verlaufs, sondern nur um den Mittag herum oder auch nur Abends und Morgens. Dies rührt daher, dass die Parallaxe nicht für alle Punkte des Ringumfanges gleichzeitig dieselbe sein kann, da für einen gegebenen Ort der Saturnskugel die den Meridian passirenden Punkte des Ringes näher als die übrigen stehen. Ich erkenne dankbar die Richtigkeit dieser Bemerkung an, bedauere jedoch, dass *Lardner* die doch so bedeutende Abplattung des Saturn als unerheblich für diese Rechnungen geachtet hat, und Saturn bei ihm als Kugel behandelt wird. Meine Rechnungen haben mir den sehr bedeutenden Einfluss dieser Abplattung gezeigt, und so hat *Lardner*, indem er einen Fehler verbessert, einen neuen hineingebracht. Uebrigens muss für unsern Zweck diese Anmerkung genügen, denn das ganze Detail der weitläuftigen Berechnungen kann hier unmöglich Raum finden; und wir schreiben keinen Kalender für die Saturnsbewohner, sondern unsere Absicht ist erreicht, wenn den Erdbewohnern eine allgemeine Vorstellung dieser Vorgänge geboten werden kann.

Hiernach ist es keinem Zweifel unterworfen, dass die von früheren Astronomen häufig geäusserte Ansicht, als sei der Ring bestimmt, dem Saturn etwas mehr Licht zu verschaffen, gänzlich fallen muss. Saturn würde ohne seinen Ring weit mehr Sonnenlicht geniessen, als unter den angegebenen Umständen. Dieser raubt ihm den grössten Theil des Lichts zu einer Zeit, wo es ihm ohnehin sparsam zugemessen ist, und der Ersatz, welchen er dafür in den kurzen Sommernächten leistet, wiegt jenen Verlust bei weitem nicht auf. Er veranlasst eine weit stärkere Verschiedenheit des Sommers und Winters, als ohne ihn stattfinden würde, und für die Bewohner derjenigen Zonen Saturns, welche unseren kalten analog sind, ist er gar nicht vorhanden; da diese ihn nie zu Gesicht bekommen, so kann er ihnen weder Licht spenden noch rauben. So bewirkt er fast das direkte Gegentheil von dem, was man ihm früher als Bestimmung unterlegte.

Wir werden uns in solchen speciellen Fällen stets vergebens bemühen, die Absichten, welche der Schöpfer des Weltalls verfolgte, mit Entschiedenheit anzugeben, und werden uns auf Vermuthungen beschränken müssen. Umgekehrt mögen wir aus der obigen Darstellung schliessen, dass der Verlust an Licht, der für Saturn durch den Ring entsteht, keine nachtheiligen Folgen für ihn habe, was auf eine gänzlich ver-

schiedene Naturökonomie jenes Weltkörpers von der bei uns statt findenden deutet. Wahrscheinlich hat für die entfernteren Planeten die Sonne überhaupt nicht die Bedeutung als für die näheren, auf denen Alles von ihrem Lichte und ihrer Wärme abhängt, und mit der Zunahme der Distanz ist auch die der Selbstständigkeit und des eigenthümlichen Lebens verbunden, in welches aber unsere Begriffe nicht mehr passen und für welches gar wohl Gewinn sein kann, was von unserem Standpunkte aus betrachtet als Verlust und Mangel erscheinen muss.

§. 160.

Bleiben wir also einfach bei der Erscheinung, so stehen wir auf sicherem wissenschaftlichen Boden, können den Standpunkt verwechseln und fragen, wie Saturn seinen Ringen sich darstelle und was er ihnen sei? Stellt man sich auf eine der Flächen des Ringes, so erblickt man vom Horizont aus die halbe Saturnskugel sich erhebend in einer Grösse, wie kein einziger Weltkörper von irgend einem physisch möglichen Standpunkte ausserhalb ihm erscheint. Diese Halbkugel oder richtiger dieses Halbellipsoid hat für die äusserste Kante einen Aequatoreal-Durchmesser von 57° und einen Polarhalbmesser von 26°,4; für die innerste Kante des hellen innern Ringes dagegen steigen diese Werthe auf 82" und 36",3. Stellt man sich auf die innerste Kante selbst, etwa in der Mitte zwischen beiden Flächen des inneren Ringes, so sieht man im Zenith die Kugel Saturns, an scheinbarer Grösse unsere Sonne 20000mal übertreffend und den achten Theil des Himmels einnehmend; der Boden aber, auf welchem der Beschauer steht, spannt sich rechts und links sichtbar am Himmel empor, und umfasst die Riesenkugel, indem er hinter ihr zusammenschliesst, so dass ein Horizont im eigentlichen Sinne nur nach zwei Seiten des Himmels hin, nicht aber rings herum, stattfindet. Welch ein imposantes Panorama!

Jede Seite des Ringes hat 14¾ Erdenjahre hindurch Nacht und eben so lange Tag: beide jedoch durch Saturn unterbrochen. In den Nächten erblickt man bei jeder Rotation des Ringes einen Theil der von der Sonne erleuchteten Saturnskugel, doch fehlen die vom Ringschatten selbst getroffenen Theile, die sich als dunkle Längenzonen über die Kugel hinziehen. Der Saturnsschein beginnt im Osten und endet im Westen, während des übrigen Theiles einer Rotation ist völlige Nacht. — Umgekehrt ist der 14¾jährige Tag jedesmal nach 10½ Stunden auf höchstens 2 St. 8 Min. durch Saturns Schatten unterbrochen, und zwar desto mehr, je näher

nach Saturn zu eine Gegend des Ringes liegt. In der Mitte des Sommers finden diese Unterbrechungen für die äussersten Gegenden eine Zeit lang nicht statt, wie aus obiger Figur deutlich ist, und die Dauer der Beschattung kann für sie höchstens auf 1^h 33′ steigen. Für die äusserste Kante dagegen beträgt sie im Minimo 1^h 50′, im Maximo 2^h 8′.

§. 161.

Die theoretischen Untersuchungen über die Gleichgewichtsbedingungen des Ringsystems sind übrigens bei weitem noch nicht abgeschlossen. *Bond jun.* schliesst aus seinen Beobachtungen (Gould's American Astronomical Journal Nr. 26), dass die Ringe im flüssigen Zustande sein müssen, und *Peirce* gelangt durch theoretische Schlüsse zu demselben Resultat, indem er nur so eine Möglichkeit sieht, das Gleichgewicht dauernd zu erhalten. *Bond* fand den innern hellen Ring nach innen zu gestreift und diese Streifen gleichsam wellenförmig: ihre Zahl nicht genau zu bestimmen; auch die von mehreren (*Struve jun.*, *Lassel*, *Schwabe*) wahrgenommene Veränderlichkeit im Aussehen des dunklen Ringes könnte dahin deuten. Wahrscheinlich ist nur eine unvollkommene oder theilweise Flüssigkeit zu verstehen, da wir in andern Regionen des Ringsystems eine sehr bestimmte Constanz bemerken. Eine sehr grosse Lockerheit, in viel stärkerem Maasse als die des Planetenkörpers, ist sehr wahrscheinlich.

Gegen eine neuere Bemerkung *Struve's*, dass der Raum zwischen Ring und Saturn sich fortwährend verengere, haben *Kaiser* und *Main* Zweifel erhoben, die jedenfalls in so weit begründet sind, dass der Gegenstand der Zukunft zur Entscheidung anheim zu stellen ist.

Die Trabanten Saturns.

§. 162.

Die 8 Trabanten, von denen Saturn auf seiner Reise um die Sonne begleitet wird, sind schwerer als die des Jupiter wahrzunehmen. Diese traten sogleich nach Erfindung des Fernglases aus der Nacht hervor, während ein Saturnsmond nicht früher als 1655 (wo *Huygens* den hellsten und in der

Ordnung vom Saturn aus sechsten Trabanten auffand) wahrgenommen ward. Von 1671 bis 1687 fand *Cassini* nach einander den 8., 5., 4. und 3. Trabanten; doch sah erst *Pound* im J. 1718 sie alle fünf auf einmal. Nach einem vollen Jahrhundert entdeckte *Herschel* in den Jahren 1788 und 1789 durch sein Riesenteleskop den zweiten und ersten, endlich *Lassel* 1848 den 7ten. Wollte man sie also nach der Zeitfolge der Entdeckung zählen, so würden sie in der Ordnung vom Saturn aus folgendermaassen stehen:

Saturn (7) (6) (5) (4) (3) (1) (8) (2).

Indess ist es am bequemsten, sie wie die Jupiterstrabanten zu bezeichnen, so dass die höhere Ordnungszahl der grösseren Entfernung angehört, was auch hier, um jeder Verwechselung vorzubeugen, durchweg geschehen soll. *Herschel* II. hat ihnen die folgenden Namen gegeben: Mimas, Enceladus, Tethys, Dione, Rhea, Titan, Hyperion, Japetus.

Sie bewegen sich um Saturn von W. nach O. entweder ganz oder doch nahe in der Ebene seines Aequators und Ringes, mit alleiniger Ausnahme des äussersten, dessen Bahn etwa 15° Neigung gegen diese Ebene hat, so dass sie grösstentheils zwischen diese und die Ebene der Saturnsbahn fällt. Am genauesten kennen wir den sechsten (ältesten) Trabanten, dessen Bahn *Bessel* grösstentheils nach eigenen höchst genauen Beobachtungen aufs schärfste untersucht hat, und dessen Elemente wir fast so genau als die unseres eigenen Mondes kennen. Der innerste, der bis auf die neuesten Zeiten nur vom Entdecker selbst gesehen worden ist, und ebenso der nächstfolgende, den erst *Lamont* 1836 wiederfand, können bis jetzt fast nur aus den Herschel'schen Beobachtungen bestimmt werden. Auch für die übrigen ist im Ganzen noch wenig geschehen; die grosse Schwierigkeit der Beobachtungen, und mehr noch der Messungen, wird noch lange ein Hinderniss sein, so genaue Angaben als für die Jupitersmonde aufzustellen.

Für den ersten (innersten und kleinsten) Mond haben *W. Beer* und ich aus *W. Herschel's* Beobachtungen Folgendes abgeleitet:

Periodische Umlaufszeit $22^h\ 36'\ 17'',705$ (die synodische nur 7″ grösser).

Entfernung vom Centro Saturns 3,1408 Halbm. = 2447 Meilen.

Excentricität der Bahn 0,06889.

Länge des Perisaturniums 104° 42′ (für 1789).

Eine etwanige Neigung lässt sich aus *Herschel's* Beobachtungen nicht ableiten.

Die Epoche ist 1789 Sept. 14. 13^h 37′,8 mittlere Zeit von Paris für 264° 16′ 36″ der saturnocentrischen Länge.

Am 27. Juni 1838 ist es den Astronomen des Collegio Romano geglückt, diesen bis dahin vergebens gesuchten Trabanten wieder zu erblicken. Aus diesen Bobachtungen, verbunden mit den Herschel'schen, leitete *de Vico* eine Umlaufszeit von 22^h 36′ 17″,058 ab, die von der obigen nur 0″,647 verschieden ist.

Für den zweiten Trabanten gab uns eine ähnliche Rechnung:

Periodische Umlaufszeit 32^h 53′ 2″,728 (synodische 15″ grösser).

Entfernung 4,0319 Halbm. = 31422 Meilen.

Epoche = 14. Sept. 1789. 12^h 4′,8 M. Zeit von Paris für 67° 56′ 25″,5 saturnocentrische Länge.

Weder eine Neigung, noch eine Excentricität ging aus den Beobachtungen mit einiger Sicherheit hervor.

Im Sommer 1836 fand ihn, wie oben erwähnt, *Lamont* wieder auf und beobachtete ihn mehrere Wochen hindurch. Er leitet aus seinen Beobachtungen, verbunden mit der obigen Epoche der Herschel'schen, die folgende Umlaufszeit ab:

32^h 52′ 57″,796

Wäre die Anzahl der seit *Herschel* (14. Sept. 1789) bis *Lamont* (1836 Mai 31. 10^h 52′) verflossenen Umläufe um einen zu viel oder zu wenig angenommen (bei der grossen Anzahl von 12481 Umläufen ein allerdings möglicher Fehler), so würde die Umlaufszeit in Folge dieses Fehlers zu ändern sein um

$\mp$ 9″,484.

Die Beobachter in Rom haben auch diesen Trabanten wieder aufgefunden und beobachtet; sie erhalten

32^h 52′ 57″,275.

Den dritten am 21. März 1684 entdeckten und schon etwas besser sichtbaren Trabanten (nach *Cassini's* Bezeichnung ersten) hat gleichfalls *Lamont* im J. 1836 beobachtet und aus der Vergleichung seiner Beobachtungen mit denen von *Herschel* (da die älteren Cassini'schen sich als unzuverlässig zeigten) folgende Elemente gefunden:

Periodische Umlaufszeit 1 T. 21^h 13′ 32″,9606 (synodische 26″ grösser).

Excentricität 0,0051.

Perisaturnium 184° 36′.

Neigung gegen die Ringebene 1° 33′ 6″.

Aufsteigender Knoten 357° 39′.

Epoche: 1836 April 23. 8ʰ 36′ 20″,25 M. Pariser Zeit für 158° 31′,0 saturnocentrische Länge.

Der Umlaufszeit entspricht, wenn man *Bessel's* Saturnsmasse annimmt, eine Entfernung vom Centro Saturns = 4,9926 Halbm. = 38917 Meilen.

Vom vierten und fünften Trabanten besitzen wir nur die Herschel'schen und Cassini'schen Beobachtungen, welche uns nichts als die genäherte Umlaufszeit und mittlere Entfernung geben. Diese sind:

4ter Trabant. Periodische Umlaufszeit 2 T. 17ʰ 44′ 51″ (synodisch 60″ mehr). Entfernung = 6,399 Halbm. = 49874 Meilen.

5ter Trabant. Periodische Umlaufszeit 4 T. 12ʰ 25′ 11″ (synodisch 2′ 44″ mehr). Entfernung = 8,932 Halbm. = 68272 Meilen.

Wir werden hoffentlich für diese und die übrigen Trabanten bald genauere Bestimmungen durch die von *Bessel* und Andern angestellten, aber noch nicht berechneten Beobachtungen erhalten. Ein merkwürdiges Verhältniss besteht zwischen den Umlaufszeiten der 4 innersten Trabanten. Die des dritten ist (bis auf 10 Sekunden) doppelt so gross als die des ersten; und die des vierten (bis auf 33 Sek.) doppelt so gross als die des zweiten. Die kleinen Differenzen von resp. 10″ und 33″ sind kaum so gross als die in den Umlaufszeiten, namentlich des 3. und 4. Trabanten, noch zu befürchtenden Beobachtungsfehler.

Der sechste und älteste Trabant ist von *Bessel* sehr genau bestimmt worden. Nach den zuletzt gegebenen Verbesserungen der Elemente ist seine Bahn die folgende:

Periodische Umlaufszeit 15 T. 22ʰ 41′ 25″,1.
Synodische - 15 - 23 15 32 ,0.
Entfernung 20,7060 Halbm. = 161386 Meilen.
Excentricität 0,02922326.

Perisaturnium	244°	35′	50″,0	für 1830.
Aufst. Knoten in der Ekliptik	167	39	16 ,6	
Neigung gegen die Ekliptik	27	33	46 ,4.	

Die Knoten, die Neigung und das Perisaturnium sind kleinen Veränderungen unterworfen, und zwar rücken die Knoten siderisch in einem Jahrhundert 24′ 29″ zurück, was auf eine Umlaufsperiode von 49000 Jahren führt; während das Perisaturnium in 100 Jahren 49° 25′ 21″ vorrückt, also einen Umlauf von 733 Jahren 4 Monaten hat. Beide Perioden sind also beträchtlich länger als die ähnlichen bei unserem

Monde, auch werden diese Veränderungen nicht wie bei diesem fast ausschliesslich durch die Sonne, sondern hauptsächlich durch den Ring bewirkt, und sie sind daher auch das Mittel geworden, dessen Masse annähernd zu bestimmen. — Die Neigung nimmt gegenwärtig nur 25'',4 in einem Jahrhundert ab.

Für den siebenten Trabanten hat *Bond* folgende Bahn gegeben:

Umlaufszeit 21 Tage 4 Stunden.
Halbe grosse Axe 196000 Meilen.
Excentricität = 0,115.
Perisaturnium = 295°
Mittlere Anomalie = 97° am 1. Januar 1849.

Eine Neigung gegen die Ringebene hat nicht wahrgenommen werden können.

Der achte und äusserste Trabant endlich, den *Cassini* 1671 entdeckte, läuft um seinen Hauptplaneten in der bedeutenden Entfernung von 64,359 Halbmessern oder 501637 Meilen, dem 376sten Theile der Entfernung Saturns von der Sonne. Die Umlaufszeit ist 79 T. 7^h 54' periodisch, oder 79 T. 22^h 4' synodisch. Die Ebene seiner Bahn weicht beträchtlich von denen der übrigen Trabanten ab und ist starken Veränderungen unterworfen. Man kann eine fixe Ebene annehmen, welche gegen die Bahn Saturns 8° 23' 33'' und gegen den Aequator desselben (die Ringebene) 21° 36' 27'' geneigt ist. Die Länge des aufsteigenden Knotens dieser Ebene in der Saturnsbahn ist 171° 13' 40'' (für 1830). Auf dieser fixen Ebene nun bewegt sich die Ebene des Trabanten mit einer Neigung von 15° 15' 54'' herum, und zwar innerhalb 4232 Jahren, so dass die Neigung der wirklichen Bahn gegen den Saturnäquator höchst veränderlich ist, und von 6° 21' bis 36° 52' schwankt. Gegenwärtig ist sie im Abnehmen und beträgt (1830) 22° 29' 16''. Doch sind diese numerischen Bestimmungen noch sehr unsicher, da es an neueren Beobachtungen gänzlich fehlt, und die älteren von *Cassini*, *Bernard* und *Herschel* sehr wenig innere Uebereinstimmung zeigen. — Dieser Trabant bietet noch ein anderes merkwürdiges Phänomen dar; er verschwindet nämlich fast gänzlich, wenn er auf der Ostseite Saturns steht, und zeigt den hellsten Glanz in seiner westlichen Ausweichung. Nur *Herschel* ist es gelungen, ihn während seines ganzen Umlaufs zu erblicken, wiewohl er zuletzt so schwach ward, dass es grosse Mühe machte, ihn aufzufinden. Man kann hierüber keine andere Erklärung annehmen als dass der Trabant sich in derselben Zeit um seine Axe wie um den Saturn bewege, und uns also, wenn er wieder in dieselbe Lage gegen den Hauptplaneten kommt,

auch wieder die gleiche Seite zuwende, und dass eine seiner Seiten wenig oder gar kein Sonnenlicht reflectire. Aehnliches zeigt sich auch an unserem Monde, dessen Ostseite den grossen Oceanus procellarum begreift und dadurch gegen die westliche, besonders aber südwestliche beträchtlich dunkel erscheint: nur dass dieser Gegensatz beim siebenten Saturnstrabanten noch stärker sein muss. Die Uebereinstimmung der Umlaufs- und Rotationsperioden scheint demnach ein Naturgesetz für alle Trabanten des Sonnensystems zu sein, wenn nicht etwa der 3te Jupitersmond, wie *Secchi* wahrscheinlich gemacht hat, eine Ausnahme bildet.

§. 163.

Ueber die Durchmesser, Massen und Dichtigkeiten dieser Körper wissen wir nichts. Selbst der sechste, Titan, gestattet kaum eine Messung und die hin und wieder angegebenen Schätzungen sind ohne Werth. Bei einem Durchmesser von 800 Meilen müsste er eine Sekunde gross erscheinen und für diejenigen Instrumente, mit welchen man Messungen der Jupiterstrabanten ausgeführt hat, gleichfalls messbar sein. Meine eigenen noch spärlichen Messungen (da sie höchst selten gelingen) geben etwa 344 Meilen. Die übrigen Monde stehen wahrscheinlich noch weit unter dieser Zahl, wie man aus ihrer Unscheinbarkeit schliessen muss. Vom Saturn aus gesehen würde der sechste Mond bei einem Durchmesser von 344 Meilen nur etwa $^1/_4$ so gross als der unsrige erscheinen und es ist nicht anzunehmen, dass dieser, oder einer der übrigen, seinem Planeten eine bedeutende Erhellung der Nächte gewähre.

An den Polen Saturns ist nur der achte Trabant sichtbar. Für jeden der übrigen giebt es einen bestimmten Polarkreis, jenseit dessen er nicht mehr gesehen wird, und dieser ist für den innersten Trabanten in 67° der saturnographischen Breite. Die Trabanten entfernen sich, vom Saturn aus betrachtet, nur wenig von den Ringen und werden zuweilen von diesen verdeckt: der siebente macht jedoch hiervon eine Ausnahme. Die Ebbe und Fluth, welche sie für Saturn bewirken, kann nur unbedeutend sein und wird gegen die grössere des Ringes verschwinden.

Sie erleiden und bewirken Finsternisse, jedoch seltener als die Jupiterstrabanten, wegen der bedeutenden Neigung ihrer Bahnen gegen die Bahnen Saturns. Diese Finsternisse ereignen sich stets nahe um die Zeit, wo der Ring verschwindet,

und es folgt dann jedesmal eine ganze Reihe ununterbrochen auf einander, so dass eine bestimmte Zeit hindurch jeder Vollmond eine Finsterniss erleidet, jeder Neumond eine dergleichen bewirkt. Der sechste Mond veranlasst etwa 22 Finsternisse jeder Art innerhalb 350 Tagen, und dies wiederholt sich nach einem halben Saturnsjahre. Für den fünften Mond währt die Periode der Finsternisse 2 Jahre, während welcher Zeit 180 von jeder Art einfallen, für den vierten etwa 3 Jahre und so fort, so dass der innerste 10½ Jahre lang bei jedem Umlaufe, also 2000mal, verfinstert wird, und sodann 4 Jahre lang unverfinstert bleibt. — Der achte Trabant macht auch hierin eine Ausnahme, seine Finsternisse sind weit seltener, nur etwa 2 in jedem halben Saturnsjahre, und die Perioden derselben weit unregelmässiger. Verfinsterungen der Monde unter sich, oder durch den Ring Saturns, mögen sich ebenfalls nicht selten ereignen; ihre Vorausberechnung hat jedoch nur für die des sechsten einiges Interesse, da sie die einzigen sind, die von der Erde aus, obwohl mit grosser Schwierigkeit, wahrgenommen werden können, weshalb sie auch nicht in die Ephemeriden aufgenommen werden. — Auch Verdeckungen hinter der Scheibe Saturns kommen häufig vor, und *Herschel* hat einige derselben bei seinen zahlreichen Trabantenbeobachtungen wahrgenommen.

Gewiss stehen unserer Kenntniss dieses merkwürdigsten und mannichfaltigsten aller Partialsysteme noch bedeutende Erweiterungen bevor, die keinesweges blos in neuen Entdeckungen zu bestehen brauchen. Wenn wir erst, von zahlreicheren, schärferen, längere Jahre hindurch fortgesetzten und wiederholten Beobachtungen unterstützt, die gegenseitigen Wirkungen dieser so verschiedenartigen Körper auf ähnliche Weise untersuchen können, wie man die der Jupiterstrabanten untersucht hat, so werden für die theoretische wie für die physische Astronomie höchst wichtige Aufschlüsse gewonnen werden, und man wird vielleicht selbst die Massen dieser muthmasslich kleinsten Monde unseres Sonnensystems zu bestimmen im Stande sein. Doch kann man auch jetzt schon mit hoher Wahrscheinlichkeit annehmen, dass besonders auf den innersten Monden die Schwere noch viel geringer als auf den Jupitersmonden sein werde, und dass die Fallhöhe vielleicht nur einige Zolle in der ersten Sekunde betrage.

U r a n u s.

§. 164.

Von diesem entfernten Planeten wusste man bis zum

13. März 1781 nichts, ja man kann sagen, dass er der erste eigentlich entdeckte Planet sei, denn die älteren müssen nothwendig schon in den frühesten Zeiten und bei der oberflächlichsten Himmelsbetrachtung wahrgenommen worden sein. Am genannten Tage sah *Herschel* im Bilde der Zwillinge einen Stern, der sich sogleich durch seinen merklichen Durchmesser auszeichnete und also nicht wohl Fixstern sein konnte, auch bereits am folgenden Abend eine Fortrückung zeigte und folglich ein zum System unserer Sonne gehöriger Wandelstern sein musste. Er ward, nach erhaltener Nachricht, auf allen Sternwarten aufmerksam verfolgt und man gelangte bald zu der Ueberzeugung, dass es kein Komet, sondern ein weit jenseit der Saturnsbahn in nahe 400 Millionen Meilen Entfernung um die Sonne kreisender Planet sei, der über 80 Jahre auf seiner weiten Reise gebrauche.

Der Entdecker hatte die Absicht, ihn zu Ehren seines Monarchen und freigebigen Beschützers Georgsstern zu nennen, da jene fabelhaften Zeiten, in denen man die Götternamen auf die Gestirne übertrug, längst vorüber seien*); Frankreichs Astronomen schlugen den Namen des Entdeckers selbst vor. Auch der Name Cybele ward von Einigen beliebt (in *Göthe's* bekannten Lieder-Cyclus: Planetentanz, wird er mit diesem Namen bezeichnet); doch ist man im Allgemeinen bei dem Vorschlage *Bode's*, ihn Uranus (Vater Saturns, wie dieser Jupiters) zu nennen, stehen geblieben, vielleicht wegen der bequemen Aehnlichkeit mit anderen Planetennamen und besonders wegen der in der Astronomie herkömmlichen Zusammensetzungen mit Apo-, Peri-, centrisch, -graphisch u. dgl., wozu der Name Georgsstern sich nicht füglich anwenden lässt.

Man fragte damals, warum man den neuen Planeten nicht früher gesehen? Die Antwort ergab sich bald; er war von *Flamsteed*, *Mayer*, *Lemonnier*, und *Bradley* wirklich wiederholt gesehen und beobachtet, aber für einen Fixstern gehalten worden. Sein scheinbarer Durchmesser ist zu gering, um in anderen als

*) In seinem an Sir *Joseph Banks* gerichteten Schreiben, worin er von dieser Entdeckung Nachricht giebt (Philos. Transact. for 1783 p. 1. 2.), lautet die hierauf bezügliche Stelle so:

„I cannot but wish to take this opportunity of expressing my sense of gratitude by giving the name Georgium sidus

Georgium sidus
- - - - jam nunc assuesce vocari
Virg. Georg.

to a star, which (with respect to us) first began to shine under His auspicious reign.“

sehr starken Vergrösserungen augenfällig hervorzutreten, und seine eigene Bewegung zu langsam, um bei einer einmaligen Durchgangsbeobachtung sich merklich zu machen. Da er nun auch höchstens die sechste Grösse zeigt, so hatte man ihm, unter den Tausenden gleich heller Sterne, eine besondere Sorgfalt nicht zu Theil werden lassen, und so behält *Herschel* den unbezweifelten Ruhm, ihn zuerst entdeckt zu haben. — Indess wäre es wichtig, die von einigen Reisebeschreibern gemachte Angabe, dass die Bewohner von Otaheiti den Uranus als Planeten bereits gekannt und mit einem eigenen Namen belegt hätten, genauer zu untersuchen.

Jene älteren Beobachtungen haben indess trefflich gedient, die Bahn des Uranus abzuleiten, für welche bei der bedeutenden Umlaufszeit ein sonst viel grösserer Zeitraum nach der Entdeckung hätte abgewartet werden müssen. Aus 17 vor Herschel und allen späteren in den ersten 40 Jahren nach der Entdeckung gemachten Beobachtungen leitete *Bouvard* die Elemente des Laufes ab, und gab Tafeln seiner Bewegung. Diese Bestimmungen sind folgende:

Tropische Umlaufszeit 83 Jahre 271 T. 3^h 48′ 5″; siderische 84 J. 5 T. 19^h 41′ 36″.

Mittlere Entfernung 19,18239 oder 379½ Millionen Meilen; Excentricität = 0,0466108 mit einer sekulären Veränderung von — 0,0000256; daher grösste Entfernung 20,07650 (397 Mill. Meilen) und kleinste 18,28828 (362 Mill. Meilen.)

Ort des Periheliums 167° 30′ 24″ mit einer jährlichen Veränderung von + 2″,28, tropisch also + 52″,50. Neigung der Bahn gegen die Ekliptik 46′ 28″,0; aufsteigender Knoten 72° 59′ 21″. Die Neigung nimmt in einem Jahrhundert 3″,0 zu, und der Knoten rückt jährlich tropisch 14″,17 fort. Der Planet ist um seine Opposition herum während 151 Tagen rückläufig und beschreibt in dieser Zeit einen Bogen von 3° 58′.

Die grösste Entfernung von der Erde kann bis auf 417 Mill. Meilen steigen, die geringste ist 342 Millionen. Für die Grösse und Gestalt des Uranus erhielt ich, zur Zeit als die Trabantenbahnen sehr schmale Projections-Ellipsen bildeten und mithin angenommen werden konnte, dass die Pole des Uranus nahe dem Rande der Scheibe lagen, folgende Werthe:

1842 Sept. 16—21. Grosse Axe für mittlere Entfernung = 4″,249
Kleine „ „ etc. = 3″,850

Abplattung = $\frac{1}{10,85}$

1843 Aug. 2—Oct. 24. Grosse Axe „ „ = 4″,304
Kleine „ „ „ = 3″,870

Abplattung $= \frac{1}{9,92}$.

also im Mittel

Grosse Axe = 4,276

Kleine „ = 3,860.

Abplattung $= \frac{1}{10,28}$.

Gegenwärtig (1867) ist die Ebene der Trabantenbahnen sehr wenig perspectivisch verkürzt, wir dürfen also schliessen, dass der Rand der Planetenscheibe rings herum durch eine vom Aequator wenig abweichende Zone gebildet wird und wir keine Abplattung finden können.

Der Winkel der grossen Axe mit der Uranusbahn ergab sich in diesen Messungen, nach rechts herum gezählt, = 94° 49′.

Hieraus ergiebt sich der Aequatoreal-Durchmesser = 7868 Meilen, der polare 7079, der körperliche Inhalt 86 mal grösser als unsere Erde.

Indess müssen künftige Beobachtungen darüber entscheiden, ob die Axe des Uranus in der That senkrecht auf der Ebene der Mondbahnen stehe, was für jetzt nur als wahrscheinlichste Annahme gelten kann. — Schon *Herschel* hatte eine Abplattung gemuthmasst, aber ihren Coefficienten nicht bestimmt.

Seine Fortrückung im Raume beträgt 0,9 Meilen in der Sekunde, und die auf einander folgenden Oppositionen liegen nur 4¼ Grad am Himmel von einander entfernt; die Zeit des synodischen Umlaufs ist 1 Jahr 4 T. 10 St.

§. 165.

Um ihn bewegen sich Trabanten, deren Zahl noch nicht genau bekannt ist. Die ersten beiden entdeckte *Herschel* 1787 am 11. Januar als ungemein feine Lichtpunkte, die aber dennoch eine annähernde Bestimmung der Bahn gestatteten.

Neunmonatliche Beobachtungen gaben ihm die Umlaufszeiten 8 T. 17^h 1′ 19″,3 und 13 T. 11^h 5′ 1″,5; als die Distanz des 2ten erhielt er 44″,23, woraus nach *Kepler's* Gesetz für den ersten 33″,09 folgt. Hieraus würde die Masse des Uranus $= \frac{1}{1798}$ der Sonnenmasse oder 17,3 Erdmassen folgen und mit Zuziehung des oben gegebenen Volumens die Dichtigkeit = 0,200. Die Umlaufszeiten sind durch spätere Beobachtungen *John Herschel's* sehr nahe bestätigt worden; die mittleren Entfernungen aber fand *Lamont* beträchtlich geringer, so dass für die Masse des Uranus nur $\frac{1}{24605}$ oder 12,8 Erdmassen, und für die Dichtigkeit 0,146 folgt. Hiernach ist er

weniger dicht als Jupiter, übertrifft aber noch etwas die Dichtigkeit Saturns, und es ergiebt sich für ihn eine Fallhöhe der Körper von 11 Par. Fuss in der ersten Sekunde, und ein Gewicht von 73 Pfund für einen Körper, der auf der Erde 100 Pfund wiegen würde.

Da noch nie mit Bestimmtheit Flecken auf seiner Oberfläche wahrgenommen worden sind, so lässt sich eine Rotationsperiode nicht direkt bestimmen. Will man annehmen, dass die Rotationsgeschwindigkeit der Bahngeschwindigkeit gleich sei, (was bei Jupiter und Saturn nahezu der Fall ist) so würde man 7 St. 36 Min. 29 Sek. erhalten.

In den Jahren 1790—1794 entdeckte *Herschel* noch mehrere Trabanten, jedoch konnte für keinen derselben eine Bahn abgeleitet, ja kaum die Existenz als Trabant völlig verbürgt werden. Auch ist es noch keinem Astronomen gelungen, sie alle wiederzufinden; *Lamont* hat einen derselben, wiewohl mit vieler Mühe, wahrgenommen, worüber wir noch nichts Näheres wissen.

Wir besitzen von diesen noch ungewissen Monden nur einige Schätzungen *Herschel's*, indem er die Distanz zweier entfernteren auf das Doppelte und resp. Vierfache des Trabanten von 13 Tagen Umlaufszeit setzt, und hieraus nach *Kepler's* Regel die Umläufe ableitet. Nimmt man alle sechs als vorhanden an, so giebt ihre Zusammenstellung Folgendes:

		Uranushalbm.	Meilen	Umlaufszeit			
	1. Trabant	13	47000	6 T.			
×	2.	17,022	60753	8	17ʰ	1′	19″,3
	3.	20	71000	11			
×	4.	22,752	81203	13	11	5	1, 5
	5.	45	163000	38			
	6.	91	325000	108			

Der zweite und vierte sind die beiden gewiss vorhandenen; von den übrigen habe ich die Data nur beiläufig gegeben, da es kein Interesse haben kann, Minuten und Sekunden anzugeben, wo die Tage noch ungewiss sind.

Herschel's dritter, fünfter und sechster sind nie mit Bestimmtheit wieder gesehen worden, und sein erster ist wohl kaum als identisch mit denen zu betrachten, welche *O. Struve*, *Bond* und *Lassel* gesehen haben, denn die Umlaufszeit, welche diese Astronomen angeben, ist viel kleiner. *O. Struve* hat einen von $3^t\ 22^h\ 10'$ Umlaufszeit gesehen; *Lassel* hat in Malta im Ganzen 4, die er Ariel, Umbriel, Titania, Oberon benannt, gefunden, und hält sich für überzeugt, dass ausser diesen kein anderer wirklich gesehen worden sei.

Für Ariel findet er 2 Tage 12^h 29′ 20″,66 Umlaufszeit
„ Umbriel „ „ 4 „ 3 28 8, 00 „

Der von *O. Struve* gesehene müsste also Umbriel sein, und *Herschel's* erster Trabant gestrichen werden. —

Im Dorpater Refractor habe ich nur einmal einen Uranusmond, wahrscheinlich Titania, blickweise gesehen; später nie wieder.

Die ungeheure Entfernung dieses Systems wird stets ein Hinderniss genauer Wahrnehmungen bleiben. Uranus erscheint stets als ein matterleuchtetes Scheibchen ohne Streifen und Flecke, so dass er uns kein Mittel zur Bestimmung seiner Rotation darbietet; doch glaubt *Herschel* eine Abplattung wahrgenommen zu haben, die auf eine ziemlich schnelle Rotation deutet. Seine Monde erschienen *Herschel* stets als die feinsten Lichtpunkte, die er jemals am Himmel gesehen. Sie verschwanden unter allen Umständen schon in 18″ bis 20″ Distanz vom Uranus, da das Licht des Hauptplaneten sie zu sehr schwächte.

Der matte Schimmer, den Uranus Scheibe, verglichen mit anderen Planeten, darbietet, ist hauptsächlich Folge des geringen Quantums von Sonnenlicht; denn er wird 368 mal schwächer als die Erde von der Sonne erleuchtet, die ihm nur unter einem Durchmesser von 99 Sekunden erscheint, und ihm also auch die Wärme nur in höchst geringem Grade (die unsere Thermometer gar nicht mehr angeben würden) mittheilen kann.

Aber das merkwürdigste in diesem System ist die Lage der Bahnen, die wenigstens bei den beiden sicheren Trabanten im Allgemeinen verbürgt werden kann. Sie ist für den vierten

Neigung 99° 43′ 53″,3
☊ 168° 0′ 3″,9

also nahe senkrecht auf der Bahn des Uranus, oder eigentlich schon rückläufig. Da in den beiden anderen mehrgliedrigen Partialsystemen die Trabantenbahnen mit den Aequatoren ihrer Hauptplaneten sehr nahe zusammenfallen, so ist auch bei den Uranusmonden dasselbe zu vermuthen, und der Aequator dieses Planeten steht folglich fast senkrecht auf seiner Bahn. Die Sonne erhebt sich für jeden der Pole zu Zeiten in's Zenith, wo sie dann eine lange Zeit fast unverrückt stehen bleibt. Jeder der Pole hat einen Tag von 42 Erdenjahren und eine eben so lange Nacht; für jeden unter der Breite b auf der Uranuskugel liegenden Ort beträgt die Dauer des längsten Tages $\frac{b \,.\, 42}{90^0}$ Jahre. Was wir Polarkreise

nennen, fällt dort mit dem Aequator, so wie das Analogon unserer Wendekreise mit den Polen zusammen. Die Jahreszeiten (insofern die Sonnenwärme dort noch in Betracht kommen kann) haben die grösstmöglichste Differenz. Von unserer Erde würde, wenn die Lage ihrer Axe der des Uranus gleich wäre, der grösste Theil unbewohnbar sein und überall ungeheuer hohe Grade von Hitze und Kälte herrschen.

Zu der Zeit, wo einer der Pole die Sonne senkrecht über sich hat, stehen die Trabanten in jedem Punkte ihres Umlaufs in der Quadratur und die Phase zeigt keine Ab- oder Zunahme, wohl aber eine Drehung um den Mittelpunkt der Scheibe, deren Periode der Umlauf ist. Je weiter sich die Sonne vom Zenith des Pols entfernt, desto grösser werden die Veränderungen dieser Phasen; Neu- und Vollmonde aber treten nur ein, wenn die Pole die Sonne im Horizont haben und diese den Aequator senkrecht bescheint, d. h. jedesmal nach 42 Erdenjahren, dann aber auch eine ziemlich lange Zeit hindurch. In diesen Zeiten treten dann auch die gegenseitigen Finsternisse ein, von denen wir aber wohl stets nur theoretische Kenntniss haben werden. Da die oben angegebene Neigung der Trabantenbahnen von $99^3/_4$ sie schon als rückläufig charakterisirt, so wird, wenn ihre Bahnebene zugleich die des Uranusäquators ist, diesem Planeten die Sonne im Westen aufgehen und im Osten untergehen.

§. 166.*)

Giebt es im Sonnensystem noch mehr Planeten und Monde? Eine schon oft aufgeworfene Frage, über welche sich allerdings manches mehr oder minder Wahrscheinliche angeben lässt. Dass in den uns benachbarten Regionen zwischen Merkur und Mars sich noch ein Planet aufhalte, ist im höchsten Grade unwahrscheinlich; selbst bei einem sehr geringen Durchmesser. von 10 Meilen etwa, hätte er sich unseren Ferngläsern nicht entziehen können, und aus gleichem Grunde kann man

*) Ich lasse diesen, zuerst im Jahre 1840 niedergeschriebenen und in der 1. Auflage dieses Werkes veröffentlichten §. unverändert hier wieder abdrucken, da es einigen Werth für mich hat, auf die Art, wie der jenseit des Uranus kreisende Planet einst entdeckt werden würde, hingewiesen zu haben, bevor — soviel mir bekannt — irgend ein anderer Astronom in ähnlicher Bestimmtheit diesen jetzt glücklich realisirten Gedanken geäussert hatte. Dass es mir nicht in den Sinn kommen kann, auf Grund dieser Aeusserung auch nur den geringsten Antheil an *Leverrier's* glänzender Entdeckung zu beanspruchen, bedarf wohl für den Kenner keiner besonderen Versicherung.

auch verneinen, dass innerhalb dieses Raumes noch ein unbekannter Trabant vorhanden sei. Dass zwischen den Bahnen des Jupiter und Uranus sich noch Planeten fänden, ist ebenfalls wenig wahrscheinlich: bei einer beträchtlichen Grösse hätten wir sie längst bemerken müssen, und kleine, wie Mars, Merkur und die 4 Planetoiden, würden sich zwischen diesen Massen nicht wohl erhalten können, und von ihnen zu beträchtliche Störungen erfahren. Dagegen können Trabanten des Saturn, und besonders des Uranus, gar wohl noch vorhanden sein, von deren Existenz wir noch nichts wissen. Für neue Planeten bleiben demnach folgende 3 Räume:

α) innerhalb der Merkursbahn;
β) zwischen der Mars- und Jupitersbahn in der Region der Planetoiden:
γ) jenseits der Uranusbahn in unbestimmbare Fernen hinein.

Wenn sich nun die Möglichkeit, ja selbst Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins noch unbekannter Planeten in diesen 3 Räumen nicht in Abrede stellen lässt, so entsteht die Frage: ist Aussicht vorhanden, sie von der Erde aus zu erblicken, und welchen Weg muss man einschlagen, wenn man sie aufsuchen will? Denn die Zeit der rein zufälligen Entdeckungen scheint vorüber gehen zu wollen; nur planmässig fortgesetzte Durchmusterungen des Himmels können jetzt noch die Hoffnung begründen, etwas Neues daran aufzufinden.

Merkur steht der Sonne schon so nahe, dass er schwer und selten gesehen wird: ein noch näherer Planet würde wahrscheinlich gar nicht mehr in der hellen Dämmerung sichtbar sein, und man müsste also entweder die Gegenden der Ekliptik, welche bis zu 20 Grad höchstens zu beiden Seiten der Sonne (nach Ost und West) in Länge sich forterstrecken, um die Zeit des Sonnen-Auf- und -Unterganges durchsuchen, oder abwarten, bis der supponirte Planet einen Durchgang (Vorübergang) vor der Sonnenscheibe veranlasst. Letztere könnten nicht so sehr selten sein, da Merkur trotz seiner ziemlich starken Neigung doch 13 in einem Jahrhunderte veranlasst. Obgleich nun einige Beobachter, z. B. *Steinheil*, am 12. Februar 1821 einen auffallend kreisförmigen und scharfbegrenzten Fleck erblickten, so ist doch noch von keiner Seite etwas Sicheres darüber bekannt geworden. Der Vorübergang eines sonnennahen Planeten kann 5 — 6 Stunden nicht übersteigen: es werden deshalb selbst sehr aufmerksamen Sonnenbeobachtern die meisten entgehen, da sie in den Nächten oder während ungünstiger Witterung einfallen, und eine einmalige Wahrnehmung, wenn die Beobachtungen auch noch so gut ge-

lingen, wird uns noch nicht dahin führen, die Bahn zu bestimmen. Von dieser Seite ist also nur geringe Hoffnung vorhanden, die Zahl der wirklich bekannten Planeten erweitert zu sehen.

Die Region der Planetoiden, in der wir nun ausser den 4 kleinen Planeten noch 2 teleskopische Kometen kennen, deren mittlere Entfernungen, wie ihre Aphelien, zwischen Mars und Jupiter fallen, kann ebenfalls noch manche Körper verschiedener Gattung enthalten, jedenfalls aber nur solche, deren Massen, und also auch wohl deren Durchmesser, sehr klein im Vergleich zu denen der älteren Planeten sind. Körper grösserer Art hätte man nicht allein längst wahrgenommen, sondern sie müssten sich auch durch eine bedeutende Incongruenz der berechneten Störungen mit den Beobachtungen, besonders bei Kometen, verrathen. Denn da wir bei solchen Rechnungen stets nur bekannte Massen znm Grunde legen, so würde eine unbekannte und gleichwohl merklich einwirkende die Oerter der gestörten Körper verändern, ohne dass wir die Ursache enzugeben wüssten. Also wohl nur kleine Körper, ähnlich wie die hier bereits bekannten, mögen solche Bahnen beschreiben, und man wird sie nur finden, wenn man den ganzen, von der Ekliptik durchzogenen Raum, auf eine beträchtliche Breite zu beiden Seiten hin, in Sternkarten möglichst genau detaillirt besitzen und diese durch neue Beobachtungen verglichen haben wird.

Endlich bleibt noch der unbegrenzte Raum jenseit des Uranus übrig. Das Gebiet der Sonne erstreckt sich wenigstens 40mal weiter; denn Kometen wie der von 1680 erreichen im Aphelium diesen Abstand, und viele von denen, deren Bahnen nur noch als Parabeln berechnet werden können, mögen noch beträchtlich darüber hinausgehen. Nach dem, was wir von der Entfernung der Fixsterne wissen, stehen selbst die nächsten mehrere Hunderttausende von Erdweiten von der Sonne entfernt; es würde also ein Planet in der Entfernung 2000 (die 100fache des Uranus) noch keine merklichen Störungen vom nächsten Fixstern erfahren, wenn dieser nicht sehr viel grösser als die Sonne ist. Die Existenz noch mehrerer Planeten jenseit der Uranusbahn ist also schon aus diesen allgemeinen Gründen stets wahrscheinlich.

Es treten aber noch besondere Gründe hinzu, diese Wahrscheinlichkeit zu unterstüzen, und der Wichtigste ist folgender. Wenn ein Planet jenseit des Uranus läuft, so muss er — ist anders seine Masse nicht sehr klein — auf Uranus einwirken und in seinem Laufe Anomalien hervorbringen, die

wir, ohne den störenden Körper zu kennen, nicht zu erklären im Stande sind. Allerdings werden diese Anomalien erst nach beträchtlich langer Zeit hervortreten, denn wegen der 84jährigen Uranusperiode und der noch beträchtlich grösseren des störenden Planeten bleiben diese Wirkungen eine Reihe von Jahren hindurch nahe gleich, vermischen sich also mit den Elementen, die aus den Beobachtungen dieser Jahre gezogen werden, und sind praktisch nicht von ihnen zu trennen. Aber wenn man eine andere, beträchtlich frühere Reihe berechnet, so muss man andere Elemente erhalten, und man wird beide Reihen nicht zu einem gleichen Elementensystem vereinigen können, ohne bedeutende Fehler übrig zu lassen. Dies ist nun in der That der Fall mit Uranus. Die vor-herschel'schen Beobachtungen fand *Bouvard**) unvereinbar mit den Elementen, welche die viel zahlreicheren Beobachtungen von 1781 bis 1820 gaben und die man, da die letzteren Beobachtungen jedenfalls den Vorzug verdienen, annehmen muss. Die Abweichungen sind zwar bei weitem nicht so gross, dass man glauben könnte, der beobachtete Körper sei gar nicht Uranus gewesen, aber gleichwohl viel zu stark, um so sorgfältigen Astronomen, wie den obengenannten, als Beobachtungsfehler zugeschrieben werden zu können. Aber noch mehr; auch die nach 1820 angestellten Beobachtungen weichen schon wieder nicht unbeträchtlich von *Bouvard's* Tafeln ab. *Airy* hat aus den Oppositionen von 1833 bis 1837 nachgewiesen, dass der Radius vector des Uranus für diese Jahre von den Tafeln um eine Grösse abweiche, welche die Entfernung des Mondes von der Erde übertrifft, und so ist es gewiss, dass die letzten zwanzig Jahre, für sich allein berechnet, abermals ein anderes Elementensystem als die vorhergehenden vierzig geben würden.

Wenn man beim Saturnslaufe die Störungen des Uranus, oder bei Jupiter die des Saturn, nicht berücksichtigte, so würde man ganz ähnliche Abweichungen finden, und wenn man sehr genaue Saturnsbeobachtungen aus einer langen Reihe von Jahren besessen hätte, so würde es möglich gewesen sein, durch analytische Combinationen den Uranus theoretisch zu entdecken, bevor ihn *Herschel* aufgefunden hatte, vorausgesetzt, dass alle anderen störenden Massen hinreichend genau bekannt und gehörig in Rechnung gebracht worden wären.

Es liegt nun nahe, diesen Schluss vom Saturn auf Uranus um ein Glied weiter zu übertragen und auf einen jenseit des

*) Tables astronomiques de Jupiter, de Saturne et d'Uranus. Paris 1821.

Uranus laufenden und diesen störenden Planeten zu schliessen: ja man darf die Hoffnung aussprechen, dass die Analysis einst diesen höchsten ihrer Triumphe feiern und durch ihr geistiges Auge Entdeckungen in Regionen machen werde, in die das körperliche bis dahin einzudringen nicht vermochte.

Doch ist auch das Letztere nicht absolut anzunehmen. Uranus, obwohl beträchtlich schwächer als die übrigen alten Planeten, steht doch noch lange nicht an der äussersten Grenze der Sichtbarkeit; selbst ein scharfes unbewaffnetes Auge nimmt ihn wahr. Ein Planet, dessen Helligkeit sich zu der des Uranus verhielte wie diese zu der des Saturn, würde in grossen Fernröhren noch nicht das schwächste Object sein, besonders wenn sein Durchmesser nicht zu unbeträchtlich wäre. Bei der geringen Neigung der Bahnen der drei äusseren Planeten gegen die Ekliptik kann man als wahrscheinlich setzen, dass auch der oder die noch zu suchenden sich nur 1 bis 2 Grade von der Ekliptik entfernen, und eine genaue, Jahre lang nach einem festen Plane folgerecht durchgeführte Untersuchung der Ekliptik und ihrer nächsten Grenzen dürfte am ersten geeignet sein, diese Hoffnung zu verwirklichen, oder im entgegengesetzten Falle darzuthun, dass ein Planet, dem die angewandten optischen Hülfsmittel gewachsen wären, jenseit des Uranus nicht vorhanden sei.

Dies ist im Wesentlichen Alles, was sich über die obige wichtige Frage sagen lässt. Allerdings haben einige Schriftsteller etwas Bestimmteres zu geben versucht, indem sie eine regelmässig fortschreitende geometrische Progression der Distanzen aufstellten, welche den mittleren Abständen der Planeten ziemlich entspricht, und indem sie diese Progression, weiter fortgesetzt, auf die Planeten jenseit Uranus anwandten. Diese Reihe ist die folgende:

	Mittl. Abstand der Erde von der Sonne = 1		Wirkl. mittl. Distanzen	Abweichung der Formel.
Merkur	0,4 =	0,4	0,387	0,013
Venus	0,4 + 0,3 =	0,7	0,723	+ 0,023
Erde	0,4 + 2 . 0,3 =	1,0	1,000	0
Mars	0,4 + 2^2 . 0,3 =	1,6	1,524	0,076
Planetoid.	0,4 + 2^3 . 0,3 =	2,8	(2,36) (2,67) (2,77) 2,77)	—0,44.—0,03
Jupiter	0,4 + 2^4 . 0,3 =	5,2	5,203	+ 0,003
Saturn	0,4 + 2^5 . 0,3 =	10,0	9,539	— 0,461
Uranus	0,4 + 2^6 . 0,3 =	19,6	19,182	— 0,418
	etc. etc.			

Das angeführte Gesetz lässt sich, wenn man die 3 Constanten der Formel $a + b^{n-1} . c$ für alle von Venus an gezählte Planeten noch etwas abändert, und für Merkur $c = o$ setzt, den wirklichen Abständen noch etwas näher bringen; immer aber bleiben noch sehr bedeutende Differenzen, die bei den entfernteren Planeten zu wachsen scheinen. Wohl mag dies oder ein ähnliches Gesetz bei der ersten Bildung des Planetensystems vorgewaltet haben; allein entweder ist der primitive Zustand nicht mehr der jetzige, oder es muss eine Formel aufgestellt werden, welche auf die Massen, Neigungen und Excentricitäten mit Rücksicht nimmt. Die beiden letzteren Elemente sind aber säkularen Aenderungen unterworfen, und da wir über das Alter des Planetensystems keine Kunde haben, so wird ein Schluss dieser Art stets unvollkommen bleiben. Lässt man obige Formel gelten, so fände man für den nächsten Planeten jenseit Uranus einen mittleren Abstand von 38,8 und eine Umlaufszeit von 243 Jahren, der darauf folgende hätte 77,2 und 7 Jahrhunderte u. s. w.; doch ist, wie gesagt, im Ganzen wenig darauf zu geben.

Man hat die obige Progression häufig die Wurm'sche Reihe genannt; indess haben schon mehrere Astronomen vor *Wurm*, insbesondere *Bode* 1782, darauf hingewiesen, und letzterer die Vermuthung eines Planeten zwischen Mars und Jupiter daraus hergeleitet. Wollte man sie annehmen, so hätten bis zu der Entfernung, wo sich das Aphelium des Kometen von 1680 nach *Encke's* Rechnungen befindet, noch 5 unbekannte Planeten Platz, deren letzter 620 Erdweiten von der Sonne entfernt wäre und 15 Jahrtausende zu seinem Umlaufe gebrauchte.

(So weit mein 1840 verfasster Paragraph.)

N e p t u n (*Leverrier's* Paragraph.)

§. 167.

In glänzendster Weise ist die Hoffnung, welche ich im Vorstehenden vor 25 Jahren auszusprechen wagte, erfüllt worden. Hr. *U. J. Leverrier* zu Paris, der schon einige Zeit vorher eine höchst wichtige Untersuchung über die sekulären Aenderungen der Planetenbahnen veröffentlichte, wandte die von ihm entwickelten Methoden auf das so lange schwebende

Problem der Uranusbewegung an. Seine erschöpfenden Untersuchungen führten ihn zu dem Schlusse: dass es unmöglich sei, die Beobachtungen des Uranus in Uebereinstimmung mit der Newton'schen Theorie zu bringen, wenn man bei den Störungsrechnungen nur die bekannten Massen des Planetensystems zum Grunde lege. Indem so die Nothwendigkeit, einen bisher unbekannten Planeten zu suchen, unabweisbar hervortrat, stellte sich die Aufgabe dahin: aus den Abweichungen zwischen Theorie und Beobachtung den Ort und die Masse desjenigen Körpers zu bestimmen, der diese Abweichungen veranlasse.

Dass eine so völlig neue Aufgabe auf ungeahnte Schwierigkeiten führen musste, ist leicht zu begreifen. *Leverrier* sah die Nothwendigkeit ein, dass Feld seiner Untersuchung möglichst zu verengern. Es zeigte sich, dass der unbekannte Uranusstörer nicht innerhalb seiner Bahn, auch nicht in geringer Entfernung ausserhalb derselben umlaufen könne, sondern in einem Abstande stehen müsse, der etwa der doppelte des Uranus sei. Er schloss ferner, dass die Neigung der Bahn dieses Körpers gegen die des Uranus, und folglich auch gegen die Ekliptik, nur klein sein könne, da die unvereinbaren Incongruenzen des Uranuslaufs nur in der Länge des Planeten, nicht auch in seiner Breite sich gezeigt hatten. Da solchergestalt für die Bestimmung der Neigung gar kein Anhalt gegeben war, nahm *Leverrier* den unbekannten Planeten als in der Ekliptik laufend an und hatte demnach nur 4 Elemente desselben, Länge für eine gegebene Epoche, Perihel, Excentricität und halbe grosse Axe, und ausserdem die Masse zu bestimmen. Zu diesen 5 Unbekannten kamen nun noch die Verbesserungen der Uranus-Elemente, die gleichzeitig in die Untersuchung mit aufzunehmen waren, wenn ein positiver Erfolg davon gehofft werden sollte.

Es ist unmöglich, hier in ein näheres Detail einzugehen; ich beschränke mich demzufolge auf den geschichtlichen Verlauf dieser unsterblichen Entdeckung. Im Januar 1846 zeigte *Leverrier* in der französischen Akademie an, dass er diesem unbekannten Planeten durch Rechnung auf die Spur gekommen sei und die weiteren Veröffentlichungen sich vorbehalte. In den *Comptes rendus* vom 31. August gab er die folgenden

Elemente des unbekannten Planeten.

Halbe grosse Axe 36,154
Umlaufszeit 217,387 Jahre
Mittlere Länge 1847 Jan. 1. 318° 47′

Länge des Perihels 284° 45′
Excentricität 0,10761
Masse $\frac{1}{9300}$;

Bestimmungen, die, wenn sie auch jetzt durch schärfere, aus direkten Beobachtungen abgeleitete, ersetzt sind, dennoch nie veralten können, sondern allen kommenden Jahrhunderten ein Zeugniss geben werden des grössten Triumphes, den jemals eine Theorie errungen hat.

Am 23. Sept. erhielt Hr. *Galle*, damals Observator an der Berliner Sternwarte, (gegenwärtig Direktor der Sternwarte Breslau), und durch zahlreiche glückliche Entdeckungen, sowie durch andere gediegene Arbeiten der astronomischen Welt bekannt, ein Schreiben *Leverrier's* mit der Aufforderung, nach diesem errechneten Planeten sich am Himmel umzusehen.

Noch an demselben Abend verglich Hr. Dr. *Galle* zu diesem Behuf die von *Bremiker* gezeichnete Sternkarte (Stunde 21 der Berliner Akademischen Karten) mit dem Himmel, und fand sogleich einen Stern 8ter Grösse nahe an dem von *Leverrier* bezeichneten Orte, der auf der Karte fehlte. Am ersten Abend gaben die Beobachtungen, der sehr langsamen Bewegung halber, noch keine sichere Entscheidung, wohl aber am folgenden, wo dieser Stern (in 24 Stunden) — 71″,5 in Rectascension und — 24″,8 in Declination fortgerückt war. Die Abweichung des von *Leverrier* bezeichneten Ortes vom beobachteten war in Länge nur 55 Bogenminuten, und die Breite, die nach *Leverrier* sehr klein sein sollte, fand sich in der That — 0° 31′,9. Sowohl die Länge als die Lage der Bahn, sind also nahezu richtig bestimmt. Bald nachher entdeckte *Petersen*, dass ein in *Lalande's* Histoire céleste vorkommender, im Mai 1792 als Fixstern beobachteter Weltkörper identisch mit Neptun sei.

Bei der grossen Umlaufszeit des Neptun wird die jährliche Fortrückung desselben wenig mehr als 2° betragen, während bei den unteren Planeten oft weniger als ein Tag dazu erfordert wird.

Nach *Kowalsky's* Berechnungen beträgt die siderische Umlaufszeit 165 Jahr 35 Tage, die tropische 283 Tage weniger. Die mittlere Entfernung ist = 30,0339 oder nahezu 594 Millionen Meilen; die Excentricität beträgt 0,009174; sie ist nächst der der Venus die kleinste bei Planeten vorkommende. Die kleinste Distanz wird hiernach = 29,7584: die grösste = 30,3094. Von der Sonne wird er 903mal schwächer als die Erde beleuchtet.

Die Neigung ist 1° 47′ 0″,9; der aufsteigende Knoten

liegt in 130° 7′ 45″,3; das Perihel in 50° 16′ 39″,1. Seine mittlere Länge war am 1. Jan. 1860 = 334° 36′ 29″,0. Er ist um seine Opposition herum während 159 Tagen rückläufig und beschreibt dabei einen Bogen von 2° 49′.

Eine Bestimmung seiner Grösse wird immer schwierig bleiben, und sie kann jetzt nur sehr beiläufig angegeben werden. Meine Dorpater Messungen ergeben für den scheinbaren Durchmesser (bei einer Höhe von 18° über dem Horizont)

1846	Oct. 26.	2″,538
-	Nov. 12.	2″,580
Mittel	Nov. 4.	2″,559.

Mitchell in Cincinnati (wo der Planet 38° über dem Horizont culminirte) erhielt

1846 Oct. 28. 2″,523.

Lassel findet den Durchmesser = 2″,713, aber mit starken Abweichungen (seine 10 Bestimmungen schwanken zwischen 2″,324 und 3″,035). Hierüber muss die Zukunft entscheiden, denn die Messungen sind sehr schwierig.

Mitchell's und meine eignen, sehr nahe mit einander harmonirenden Bestimmungen führen auf einen Durchmesser von nahezu 7200 Meilen und einen körperlichen Inhalt von 83 (den der Erde = 1 gesetzt), also etwas weniger als Uranus.

Wollte man sich auch bei Neptun die Annahme einer der Bahngeschwindigkeit gleichen Rotationsgeschwindigkeit erlauben, so würde man für dieselbe 8^h 52′ 26″ erhalten.

Die Scheibe erscheint bleich, wie es zu erwarten ist, doch nicht in solchem Grade, dass die Messungen dadurch erschwert werden. Vielmehr gelangen sie mir im beleuchteten Felde, und nur der für Dorpat sehr tiefe Stand liess die Ränder des Planeten nicht ganz scharf erscheinen und beeinträchtigte die Genauigkeit meiner Bestimmung.

Noch schwebte ein Streit über den dem neuen Planeten zu ertheilenden Namen. *Arago* hatte ihm einfach den des Entdeckers gegeben, was aus den §. 164. angegebenen Gründen sehr unbequem sein würde und zur Verewigung dse Namens *Leverrier* vollends unnöthig erscheint. Dieser selbst erklärte sich früher für den Namen Neptun und den Dreizack als Zeichen, und die namhaftesten Astronomen haben sich dafür ausgesprochen.

So haben wir nun 8 grössere Hauptplaneten am Himmel, und der von ihnen eingenommene Raum ist durch diese neue Entdeckung in ähnlichem Verhältniss erweitert worden, wie ihn 1781 die des Uranus erweiterte. —

Die in England von *Lassel* und in Nordamerika von *Bond* mit sehr grossen Instrumenten gemachten Beobachtungen haben uns auch einen Neptuns-Trabanten gezeigt. Auch einen Ring glaubt *Lassel* bemerkt zu haben, während andere Beobachter darüber schweigen.

Für den Neptunstrabanten hat *August Struve* in Dorpat aus den Pulkowaer Beobachtungen die folgende Bahn bestimmt.

Umlaufszeit 5 Tage 21 St. 4′ 9″.
Halbe grosse Axe 17″,950 = 51683 Meilen.
Excentricität 0,02016.
Neigung gegen die Ekliptik 34° 7′,1.
Aufsteigender Knoten 299° 1′,3.
Perihel vom Knoten an 57° 48′,4.

Hieraus findet man zugleich einen Werth für die Masse des Neptun. Sie ergiebt sich $\frac{1}{14491}$ der Sonnenmasse, also nahezu 23 Erdmassen. Seine Dichtigkeit wird damit etwa 0,30; er scheint demnach der dichteste unter den grossen Planeten zu sein. — Indess findet *Bond* die Masse erheblich geringer und da auch der Durchmesser schwer zu bestimmen ist, so ist die Dichtigkeit ein beträchtlich unsichres Element.

Bond erhielt die Umlaufszeit des Trabanten 6 Minuten grösser, und aus dem Abstande, (den er um 1″,65 kleiner findet, die Masse Neptuns = $\frac{1}{19400}$, also um ¼ kleiner als *Struve*.

Es möge hier noch bemerkt werden, dass bald nach der Bekanntwerdung dieser Entdeckung von England aus ein Mitanspruch auf dieselbe erhoben ward. *Adams*, ein junger talentvoller Astronom, hatte gleichzeitig mit *Leverrier*, doch ohne von dessen Arbeiten Kenntniss zu haben, dasselbe Problem bearbeitet und war zu ähnlichen Resultaten gelangt, hatte davon aber nur an *Airy* und *Challis* (den Astronomen in Greenwich und Cambridge) Mittheilung gemacht, die selbst erst grössere Sicherheit in der Sache zu erlangen wünschten, ehe sie eine weitere Veröffentlichung für rathsam hielten. Also abermals eine zweitheilige Entdeckung, wie die Geschichte sie uns in nicht wenigen Fällen und zwar in sehr bedeutenden (Buchdruckerkunst, Fernrohr, Rechnung des Unendlichen) aufstellt.

Siebenter Abschnitt.

Die Kometen.

§. 168.

Mit diesem Namen bezeichnete schon das frühe Alterthum Himmelskörper, welche sich durch ihre sonderbare, höchst mannichfaltige Gestalt und ungewöhnliche Grösse eben so sehr als durch ihren räthselhaften Lauf und ihr gleichsam plötzliches Erscheinen und Verschwinden auszeichneten. Haarsterne wäre die wörtliche Uebersetzung; der Schweif, den die dem blossen Auge sichtbaren fast ohne Ausnahme zeigen, gab zu dieser Benennung Anlass. Uralt ist ebenfalls der allgemein verbreitete Wahn, die Kometen hätten eine Beziehung auf die Schicksale des Menschengeschlechts überhaupt oder einzelner Individuen desselben; sie seien Boten des Zornes der Götter, und von verderblichem Einfluss und Vorbedeutung. Dem noch ungebildeten Menschen ist die ganze Natur voller Schrecken; nur die tägliche Gewohnheit befreundet ihn nach und nach mit dem, was in gemessenen Gleisen fortschreitet: Alles hingegen, was für seine Kurzsichtigkeit dem Cyklus des Hergebrachten sich entzieht, erregt ihm bange Zweifel über seine Zukunft. Daher schreiben sich aus allen Jahrtausenden der Geschichte jene monströsen Deutungen, daher jene Entstellungen und Uebertreibungen der Berichte, die ihnen allen wissenschaftlichen Werth rauben. Man erdichtete Kometen, wenn sich ein Unglük ereignet hatte, und man spürte ängstlich nach einer Calamität, sobald ein Komet erschien.

Dazu kam noch, dass man in den ältesten Zeiten die Kometen gar nicht für eigentliche Gestirne ansah, sondern

blosse Lufterscheinungen in ihnen vermuthete; gewiss ist es, dass sich bei den früheren Philosophen ungemein viel Verwirrung der Ansichten findet und dass man es in dieser Beziehung einem *Sokrates* nicht sehr verargen kann, wenn er die ganze Astronomie als hoffnungslos aufgab. Hatte sie doch bis dahin weit mehr dem Aberglauben als der Wissenschaft gedient, und vermochte man doch noch keinesweges, auch nur über die alltäglichsten Erscheinungen, wie Mondesphasen und Finsternisse, sich eine genügende Rechenschaft zu geben, Als man indess sich nach und nach richtigere Vorstellungen über Gestalt und Grösse der Erde gebildet hatte, musste man bald zu der Ueberzeugung gelangen, dass die Kometen wenigstens in Bezug auf ihre Entfernung von den blossen Lufterscheinungen verschieden sein müssten. Die treffliche Alexandrinische Schule hatte bereits angefangen sie mit anderen Augen, als denen des dumpfen Aberglaubens, zu betrachten, und wie treffende Blicke einzelne Philosophen in die Zukunft des Wissens richteten, mag folgende merkwürdige Stelle *Seneca's* lehren:

> „Wundern wir uns nicht, dass wir die Gesetze des Laufs der Kometen, deren Erscheinungen so selten ist, noch nicht erforscht haben. Wir erblicken weder den Anfang noch das Ende dieser Bahnen, in denen sie aus unermesslichen Fernen zu uns herniedersteigen. Kaum sind es 1500 Jahre, dass Griechenland die Gestirne gezählt und ihnen Namen gegeben hat. Einst wird der Tag anbrechen, wo man nach Jahrhunderten des Forschens klar erkennen wird, was uns jetzt verborgen bleibt."

Es ist angebrochen der Tag, den der prophetische Geist des grossen Römers verkündigte, aber den Jahrhunderten des Forschens, die ihn endlich herbeiführten, ging über ein Jahrtausend der trostlosesten geistigen Nacht voran; eine Zeit, deren bejammernswerthen Wirkungen wir uns selbst heut noch nicht ganz zu entwinden vermochten, ja die noch Manche — möchte man ihnen allen doch Luc. 23,34 zurufen können! — zurückzuwünschen sich nicht entblöden. Gehen wir über sie hin und übergeben wir ihre elenden Hirngespinste der verdienten Vergessenheit. Schmach genug für die stolzen Abendländer, die Erben der geistigen Schätze des klassischen Alterthums, dass die wenigen dürftigen Daten, die aus jener Zeit überhaupt zu Gebote stehen, von Chinesen und Arabern erborgt werden müssen!

§. 169.

Die Wiedererwecker der Astronomie des Abendlandes,

Purbach und *Regiomontanus*, wandten auch den Kometen wieder ihre Aufmerksamkeit zu, und seit dieser Zeit finden sich wieder mehrere Bestimmungen ihres Ortes, freilich roh und ungenau, wie es bei dem damaligen Zustande der Astronomie nicht anders möglich war, aber mit Sorgfalt und Beharrlichkeit angestellt, mithin brauchbar, ja selbst von grossem Werthe, wenn jene Beobachtungen einen Kometen betreffen, der bei einer späteren Wiederkehr wiederholt beobachtet werden konnte.

Doch noch fehlte viel, dass selbst die berühmtesten Astronomen des 16ten und 17ten Jahrhunderts deren wahre Natur und die richtige Gestalt ihrer Bahnen geahnet hätten. Selbst *Galiläi*, *Tycho*, *Kepler*, *Hevel* hielten sie noch theils für Luft-Erscheinungen, theils für Ausdünstungen aus den Atmosphären der Planeten, für neu entstehende oder sich wieder auflösende Körper*). — *Dörfel*, ein Prediger zu Plauen im Voigtlande, gab uns zuerst eine annähernd richtige Vorstellung ihres Laufes. Bei Gelegenheit eines (1681) erschienenen grossen Kometen stellte er die Meinung auf: die Bahn sei eine Parabel, deren Brennpunkt im Centrum der Sonne liege. Auch *Henry Percy*, Herzog von Northumberland, scheint schon früher auf ähnliche Gedanken gekommen zu sein. Wenige Jahre später trat *Newton* mit seinem Weltsysteme auf, und in diesem fand auch *Dörfels* Meinung über die Kometen ihre theoretische Bestätigung und gleichzeitig ihre genauere Bestimmung. Und von dieser Zeit an sind die Kometen ein wahres und gesichertes Eigenthum der Wissenschaft, während sie bis dahin fast nur ein erwünschter Tummelplatz ungezügelter Phantasien gewesen waren. *Seneca's* Tag war gekommen, und nie wird er wieder verschwinden.

Bekanntlich sind Kreis, Ellipse, Parabel und Hyperbel die möglichen Bahnen, in denen ein dem Newtonschen Anziehungsgesetz folgender Körper um seinen Hauptkörper läuft. Während nun die Planeten und ihre Monde sich in nahe kreisförmigen Ellipsen bewegen, und bei ihrer mässigen Excentricität nie durch ihre grössere Entfernung allein, sondern nur auf kurze Zeit durch die Stellung gegen Erde und Sonne unserm Anblick entzogen werden können, daher während des grössten Theiles ihrer Bahnen uns sichtbar sind, bewegen sich die Kometen in

*) Die Wunderlichkeit mancher Meinungen dieser Zeit geht in's Unglaubliche. So hielt *Milichius* die Kometen für Erzeugnisse der Conjunctionen der Planeten, also rein optischer Momente. Wenn solcher Unsinn von den Gelehrten ausgehen konnte, wer möchte noch das Volk verdammen!

Bahnen, die entweder (möglicherweise wenigstens) wirkliche Parabeln sind oder doch, sei es als Ellipsen oder Hyperbeln, der Parabel sehr nahe kommen, mithin eine bedeutende Excentricität zeigen und während des grössten Theils ihres Laufes in Fernen sich aufhalten, in welche selbts das bewaffnete Auge sie nicht mehr verfolgen kann.

Indess darf nicht unbemerkt bleiben, dass zwischen den Excentricitäten der Kometen und Planeten, wenn man von erstern die geringsten, von letztern die grössten wählt, nur wenig Spielraum übrig bleibt. Es ist also nicht wohl thunlich, die grössere Excentricität als Kennzeichen der Kometen festzuhalten.

Wenn aber die Bahn überhaupt nur wenig von der Parabel abweicht, so wird um so mehr derjenige Theil derselben, welcher der Sonne zunächst liegt, so gut als gar keine Abweichung von der Parabel wahrnehmen lassen; und bei weitem die meisten Kometen können nur wenige Monate vor und nach dem Perihel beobachtet werden. Dazu kommt noch die nebelhafte, unbestimmte, rasch veränderliche Gestalt derselben, welche die Beobachtungen, selbst bei den schärfsten Instrumenten, beträchtlich ungenauer macht als die ähnlichen der Fixsterne und Planeten, und so wird man es begreiflich finden, dass selbst bei den in neuester Zeit beobachteten Kometen die Entscheidung: ob sie in einer Ellipse, Parabel oder Hyperbel sich bewegen, oft unmöglich, jedenfalls misslich ist, und dass die volle Bestätigung der Ellipticität erst durch die Wiederkehr desselben Kometen erlangt werden kann.

§. 170.

Nun gewährt die Berechnung einer parabolischen Bahn (sobald überhaupt eine bedeutende Abweichung vom Kreise vorhanden ist) Erleichterungen und Vortheile, die bei der elliptischen und hyperbolischen vermisst werden, und so wird gewöhnlich die erste Berechnung einer Kometenbahn unter der Voraussetzung einer parabolischen Form derselben geführt. Selbst in dem Falle, wo eine solche zur Darstellung sämmtlicher Beobachtungen nicht ausreichte, ist die Arbeit keinesweges eine vergebliche; denn aus den übrigbleibenden Abweichungen wird man leicht beiläufig erkennen, ob, in welchem Sinne und wie stark die Bahn von einer Parabel abweiche, und die neue und schärfere Rechnung wird dann schon eine vorläufige Basis haben, was für die Sicherheit, Bequemlichkeit und Schärfe des Resultats derselben höchst wichtig ist. In den bei weiten meisten Fällen muss man sich

aber mit einer Parabel begnügen und folglich das Ob und Wann der etwanigen Wiederkehr ganz unbestimmt lassen. Kann man aber eine Excentricität ableiten, welche um eine bestimmte (nicht um den ganzen Betrag derselben unsichere) Grösse von der Einheit abweicht, also es gewiss machen, dass die Excentricität nicht = 1, sondern < 1 (Ellipse) oder > 1 (Hyperbel) sei, so kann man den gefundenen wahrscheinlichsten Werth dieser Excentricität mit den früher gefundenen parabolischen (nun aber in Folge der genaueren Untersuchung abgeänderten) Elementen vereinigen, und daraus (im Falle der Ellipse) die halbe grosse Axe, folglich Umlaufszeit und Wiederkehr berechnen, wiewohl die letztere, bevor eine wirkliche Wiederkehr erfolgt ist, aus mehrfachen Gründen sehr schwankend bleibt. Ein höchst geringer Fehler in der Excentricität bewirkt nämlich, wenn diese wenig von der Einheit abweicht, schon einen sehr bedeutenden in der Umlaufszeit. Bei der von *Argelander* berechneten Bahn des grossen Kometen von 1811 wird z. B., wenn etwa die Excentricität um 0,0001 grösser als die berechnete ist, die Umlaufszeit (von etwa 3000 Jahren) um ein volles Jahrhundert länger sein. Dann aber kommen die Störungen hinzu, die gleifalls dieses Element weit stärker als alle übrigen afficiren. Bei dem erwähnten Kometen hat *Argelander* sie beiläufig berechnet und findet, dass sie die gegenwärtige Periode um 177 Jahre verkürzen.

§. 171.

Bei hyperbolischen Bahnen würde dagegen eben so wenig als bei parabolischen jemals eine Wiederkehr stattfinden, vorausgesetzt, dass die Bahn diese Form stets behielte. Ein solcher Komet würde dann nicht als bleibendes Glied des Sonnensystems betrachtet werden können, da sein Lauf ihn nach dem Perihel ohne Aufhören von der Sonne entfernt und er so endlich aus ihrem Bereiche kommen, und in den eines andern Fixsterns übergehen müsste.*) Für den Berechner

*) In den früheren Auflagen dieser Schrift hatte ich mich, nicht gegen die Möglichkeit, wohl aber gegen die Wahrscheinlichkeit solcher Kometenbahnen erklärt. Die so bedeutende Bereicherung an neuen und unerwarteten Thatsachen und dadurch ermöglichten schärferen Unterscheidungen haben nicht umhin gekonnt, die frühere Meinung des Verf. (und der meisten anderen Astronomen) zu modificiren. Aufmerksamen Lesern wird bei Vergleichung dieses Abschnitts mit den frühern Auflagen nicht unbemerkt bleiben, dass meine Ansicht über Kometen auch noch in einigen andern Punkten von der früheren abweicht: wo dies aber auch immer geschehen, ist es stets durch neue und gewichtige thatsächliche Gründe bewirkt worden.

wird es fast immer am gerathensten sein, zuerst eine parabolische Bahn den Beobachtungen zu entnehmen, denn erst eine längere Reihe derselben kann möglicherweise auf eine bestimmte Ellipse führen, während 3 Beobachtungen in den ersten Tagen nach der Entdeckung mit verhältnissmässig leichter Mühe eine Parabel finden lassen, aus der man eine Ephemeride für die nächsten Wochen und Monate ableiten kann. Die theoretische Frage, ob wirklich eine in aller Strenge parabolische Bahn vorliege oder nicht, muss jedenfalls einer Zeit, wo zahlreichere und über einen möglichst grossen Zeitraum sich erstreckende Beobachtungen vorliegen, zur Entscheidung vorbehalten bleiben.

In einer parabolischen Bahn, deren Lage auf die Ekliptik bezogen werden soll, sind folgende Elemente zu bestimmen:

Kleinster Abstand von der Sonne	$= q$
Ort der Sonnennähe	$= P$
Durchgangszeit durch das Perihel	$= T$
Aufsteigender Knoten in der Ekliptik	$= \Omega$
Neigung gegen die Ekliptik	$= i$

wozu noch die Bestimmung tritt, ob die Bahn rechtläufig (im Sinne der Planetenbahnen) oder rückläufig sei; wiewohl diese Bestimmung nicht ein selbständiges Element bildet, sondern in i mit ausgedrückt werden kann, wenn man die Neigungen über 90° hinaus bis 180° fortzählt, wo sodann ein zwischen 0° und 90° fallender Werth von i die rechtläufigen, und ein zwischen 90° und 180° liegender die rückläufigen Bahnen bezeichnet. Mit Zuziehung der bekannten Sonnenmasse und der Keplerschen Gesetze lässt sich sodann die Geschwindigkeit im Sonnennähepunkte wie in jedem andern, folglich auch der heliocentrische Ort für eine gegebene Zeit, ableiten.

Berechnet man hingegen elliptische Elemente, so finden dieselben Bestimmungstücke wie bei den Planeten Anwendung und es lässt sich hier gleichfalls eine an die Stelle der Umlaufszeit tretende mittlere tägliche Bewegung berechnen, doch mit dem für die Praxis nicht zu übersehenden Unterschiede, dass die Mittelpunktsgleichung, die namentlich bei den älteren Planeten ziemlich leicht zu entwickeln und nur mehr wie eine Correction des mittleren Ortes anzusehen ist, hier eine solche Grösse erreicht, dass zu ihrer Berechnung die ersten Glieder der Reihe nicht mehr ausreichen. Ihr Ausdruck schreitet nämlich in einer nach Potenzen von e geordneten Reihe fort; ist nun e sehr klein, so werden die Potenzen

schnell bis zum Unmerklichen abnehmen; wenn dagegen *e* nahe an 1 reicht, so werden selbst sehr hohe Potenzen von *e* noch immer einen merklichen Werth haben. In einzelnen Fällen kann die Mittelpunktsgleichung sogar nahe 180° erreichen. z. B. beim Kometen von 1680.

Im Falle hyperbolischer Elemente kommen dieselben Bestimmungen wie bei den parabolischen vor, ausserdem aber enthalten sie noch eine Excentricität, und zwar eine die Einheit übersteigende.

Sehr viele Mathematiker haben sich damit beschäftigt, Vorschriften für die Berechnung der Kometenbahnen zu geben. Man ging anfangs zum Theil darauf aus, eine direkte Auflösung (durch successive Elimination der Unbekannten aus algebraischen Gleichungen) zu finden: diese Versuche führten jedoch auf sehr beschwerlichen und verwickelten Wegen zu Gleichungen sehr hoher Grade, für welche die Analysis noch keine Auflösungsformel gegeben hatte. Deshalb schlug man indirekte Wege ein und bestimmte eine oder einige der Unbekannten durch Versuche. Die einfachste, sicherste und bequemste, auch in allen Fällen, die überhaupt eine Berechnung zulassen, anwendbare Methode hat *Olbers* 1797 gegeben, wobei er einen bereits früher von *Lambert* bewiesenen Lehrsatz zum Grunde legte. *Gauss* und Andere haben einzelne Vervollkommnungen dieser Methode angegeben, im Ganzen ist sie noch heute dieselbe geblieben, was man vielleicht von keiner aus so früher Zeit stammenden Berechnungsmethode rühmen kann. Die späterhin, namentlich von französischen Analysten aufgestellten Methoden stehen, wie *Encke* im Berliner Jahrbuch für 1833 ausführlich gezeigt hat, der Olbers'schen in allen wesentlichen Beziehungen nach.

Da in der Parabel fünf Elemente zu bestimmen sind, so würde auch die Theorie, wenn die Aufgabe eine völlig bestimmte sein soll, weder mehr noch weniger als fünf Coordinaten benutzen müssen, und diesen würde sich die berechnete Bahn genau und ohne übrigbleibende Fehler anschliessen. Jede vollständige Beobachtung aber giebt deren zwei, Rectascension und Declination, oder auf die Ekliptik reducirt, Länge und Breite. Zwei Beobachtungen also reichen noch nicht aus, drei haben schon ein Datum zu viel. *Olbers* Methode lehrt nun: aus 3 vollständigen Beobachtungen diejenige Parabel zu finden, welche indem sie genau durch den ersten und dritten Ort führt, auch zugleich dem, durch den mittleren (zweiten) Beobachtungsort und den Ort der Sonne gelegten grössten Kreise entspricht. Wollte man alle

sechs Data streng erfüllen, so würde man zwar auch eine Parabel darstellen können, aber der Brennpunkt derselben würde nur dann in den Mittelpunkt der Sonne fallen, wenn die sechs Beobachtungen absolut genau wären. — *Encke* hat Tafeln gegeben, wodurch die indirekte Auflösung der vorkommenden transcendenten Gleichungen erleichtert, d. h. die Versuche abgekürzt und, so viel als möglich, in ein festes System gebracht werden; andere Tafeln, die besonders zur Berechnung der Oerter aus den gefundenen Elementen dienen, haben *Barker* u. A. berechnet.

§. 172.

Will man dagegen eine elliptische Bahn berechnen, so wird man, theoretisch genommen, drei vollständige Beobachtungen anwenden müssen, deren sechs Coordinaten alsdann gerade hinreichten, die 6 elliptischen Elemente zu bestimmen. Allein praktisch möchte es wohl nicht einen einzigen Fall geben, wo aus drei Beobachtungen die elliptische Form einigermassen sicher zu erkennen wäre, denn weit auseinander können sie bei Kometen (im Verhältniss zur Länge der ganzen Bahn) nicht liegen, und überdiess können, wie bereits bemerkt, die Beobachtungen einzeln genommen so genau nicht sein. Die wirklichen Abweichungen einer kometarischen Ellipse von der zunächst sich anschliessenden Parabel sind stets, wenn die Beobachtungen auch einige Monate auseinander liegen, auf einige Sekunden beschränkt (nur der Encke'sche und wenige andere Kometen machen davon eine Ausnahme), und 4—5 Sek. weichen selbst die besten und unter den allergünstigsten Umständen angestellten Beobachtungen noch von einander ab, wie die bisher ausgeführten Bahnberechnungen darthun. Es bleibt also nur übrig, möglichst viele und über einen möglichst grossen Zeitraum sich erstreckende Beobachtungen anzuwenden.

Ehemals wählte man aus der ganzen Anzahl der Beobachtungen willkührlich diejenigen aus, die man für die genauesten und dem Zwecke der Rechnung am meisten entsprechenden ansah, und liess die übrigen nur nachträglich als allgemeine Bestätigung gelten; oder auch jeder Astronom beschränkte sich auf seine eigenen Beobachtungen, bestimmte aus ihnen eine Bahn und man führte sodann diese verschiedenen Bahnen in den Kometenverzeichnissen auf. Jetzt verfährt man mit grösserer Consequenz. Man legt die (gewöhnlich schon vor dem gänzlichen Verschwinden des Kometen vorläufig berech-

neten) parabolischen Elemente als Näherungswerthe zum Grunde, berechnet aus ihnen die einzelnen Oerter für die Zeiten der Beobachtung, und vergleicht diese mit den beobachteten Oertern selbst. Jetzt nimmt man an, jedes der Elemente sei um eine vorläufig noch unbekannte Grösse $\triangle$ zu verbessern; es sei also z. B.:

der kleinste Abstand $q + \triangle q$
der Ort der Sonnennähe $P + \triangle P$
die Zeit der Sonnennähe $T + \triangle T$
der aufsteigende Knoten $\Omega + \triangle \Omega$
die Neigung $i + \triangle i$
die Excentricität $1 + \triangle e$ (da sie in der Parabel nothwendig $= 1$ ist).

Man untersucht nun, welchen Einfluss die Veränderung eines jeden der Elemente auf den geocentrischen Ort des Kometen ausübe (mathematisch ausgedrückt: man bestimmt die Differentialquotienten der zu verbessernden Elemente), und erhält so eine Anzahl von Gleichungen, die gleich der doppelten Anzahl der vollständigen Beobachtungen ist, und in denen so viele unbekannte Grössen vorkommen, als Elemente verbessert werden sollen, in unserm Falle also sechs. Nun bestimmt man nach einer von *Legendre* erfundenen, von *Gauss* wesentlich verbesserten Berechnungsform, welche man die Methode der kleinsten Quadrate zu nennen pflegt, aus sämmtlichen Gleichungen dasjenige System von Elementen, bei welchem die Summe der Quadrate der übrigbleibenden Fehler möglichst klein wird. Neben einem so bestimmten System von Elementen giebt es (so lange nicht neue Beobachtungen hinzukommen) kein zweites, welches einen gleich hohen Grad von Wahrscheinlichkeit hätte, man hat also zwar nicht die absolute Wahrheit — diese bleibt auch in gegenwärtiger Beziehung dem Erdenbewohner verborgen — aber doch eine Wahrscheinlichkeit, die der Wahrheit so nahe als möglich kommt, gewonnen, und zugleich bei folgerechter Anwendung dieser Rechnung (die daher auch Wahrscheinlichkeitsrechnung heisst) eine Kenntniss der ohngefähren Grenzen, innerhalb deren die herausgebrachten Werthe noch ungewiss sind, oder des sogenannten mittleren Fehlers eines jeden Elements, sowie jeder einzelnen Beobachtung erlangt. Dieses Verfahren wird jetzt in der Astronomie überall angewandt, wo die Beschaffenheit des Gesuchten und die vorhandenen Beobachtungen seine Anwendung gestatten; freilich erfordern auf diese Weise die Rechnungen einen vielfach grösseren Zeitaufwand als früher, gewähren aber auch die Befriedigung, dass man ein von allen willkühr-

lichen Annahmen freies Resultat erhält, von dem man sich sagen kann, dass es das beste unter allen bis dahin möglichen ist.

Musterhafte Berechnungen dieser Art haben wir am frühesten *Bessel* zu verdanken, der theils selbst, theils unter seiner Leitung und Mitwirkung durch *Argelander*, *Mayer* und *Haedenkampff* die Bahnen mehrerer Kometen, besonders der grossen von 1807 und 1811 ausgeführt hat.

Später haben viele Astronomen sich um strenge Berechnung der Kometenbahnen verdient gemacht, so namentlich *Encke*, *Leverrier*, *Clausen*, *Hind* u. a.

Möglicherweise können, wie bereits erwähnt, statt der elliptischen Elemente hyperbolische als Resultat der Berechnung erscheinen. In diesem Falle wird $\triangle e$, die Correction der Excentricität, positiv gefunden. Hat man nun die Bahn streng methodisch berechnet, und findet sich der mittlere Fehler von e beträchtlich kleiner als $\triangle e$, so wäre eine überwiegende Wahrscheinlichkeit vorhanden, dass die Bahn wirklich hyperbolisch sei. Man hätte also dann nur noch die Wahl zwichen verschiedenen Hyperbeln, die Ellipse und Parabel wären beide ausgeschlossen und der Komet würde nicht wiederkehren.

§. 173.

Was indess sowohl die Berechnung der Elemente als auch umgekehrt die Herleitung der Oerter aus den Elementen besonders schwierig und verwickelt macht, sind die Störungen, welche sie von den Planeten erleiden. Die Störungen der Planeten unter sich sind wegen der geringen Excentricität und Neigung ihrer Bahnen, so wie wegen des allen gemeinschaftlichen direkten Laufes derselben, nicht nur sämmtlich in enge Grenzen eingeschlossen, sondern auch in Perioden darzustellen, und nur bei den kleinen Planeten hat Letzteres noch nicht vollständig durchgeführt werden können. Die Kometenbahnen hingegen zeigen alle nur denkbare Excentricitäten und Neigungen, sie bewegen sich ferner eben so häufig direkt als retrograd und durchstreifen die Bahnen mehrer, ja in einem sehr häufigen Falle aller Planeten, sind folglich auch den Störungen aller ausgesetzt, während ein Planet meistens nur von den ihm benachbarten merklich gestört wird. Kommt nun vollends (was sehr möglich ist) ein Komet einem Planeten sehr nahe, so nehmen die Störungen ungemein rasch zu und es werden Glieder derselben merklich, die man in allen anderen Fällen übersehen kann. Die Umlaufszeit eines Planeten kann höchstens um

Stunden und Minuten periodisch geändert werden, die eines Kometen um ganze Jahre, Jahrzehende und selbst Jahrhunderte. Jede Wiedererscheinung eines bereits früher beobachteten lässt beträchtliche Aenderungen sämmtlicher Elemente erkennen, und bereits ist ein sicher konstatirter Fall vorgekommen, dass ein Komet (1769) nur einmal in einer Bahn lief, die ihn nahe bei der Erde vorbeiführte und uns sichtbar machte, hingegen vorher wie nachher in völlig verschiedenen Bahnen, die keine Aehnlichkeit mit der von 1769 zeigten.

Dass übrigens die Störungen der Planeten wirklich Ursache dieser Veränderungen, und dass sie zugleich nothwendige Folge des Newton'schen Attractionsgesetzes sind, davon liefern die vom Erfolge bestätigten Vorausberechnungen dieser Störungen den entscheidensten Beweis. Es mögen hier nur die beiden Beispiele des Halley'schen und Encke'schen Kometen angeführt werden. Den ersteren erkannte *Halley*, als er 4 Erscheinungen desselben, 1456, 1532, 1607 und 1682 verglich, und aus der Aehnlichkeit der Elemente auf die Identität des Kometen schloss. Es ergab sich beim rohen Ueberblick eine Umlaufszeit von 75½ Jahren, und hiernach wäre im Sommer des Jahres 1757 etwa die Wiederkehr zu erwarten gewesen. *Clairaut* dagegen berechnete die Störungen, welche er von den Planeten Merkur bis Saturn (Uranus kannte er nicht) während der seit seiner letzten Erscheinung verflossenen Zeit erlitten habe, und fand, dass er bei seiner bevorstehenden Rückkehr sich um 611 Tage verspäten und erst Mitte April 1759 durch sein Perihelium gehen werde, zugleich hinzufügend, dass diese Rechnung etwa um einen Mond im Irrthum sein könne, theils wegen der unvollkommen bekannten Planetenmasse, theils wegen der verwickelten Form der Störungen. Es traf ein am 13. März 1759; der Fehler betrug, wie eine spätere Revision der Rechnung zeigte, 22 Tage, und würde, wenn *Clairaut* den Uranus gekannt hätte und die Beobachtungen von 1607 und und 1682 genauer gewesen wären, höchstens 8 Tage betragen haben. — Für die Wiederkehr im J. 1835 ergab sich aus *Rosenbergers* Vorausberechnungen der 13., aus *Pontécoulants* der 19. November; *Burckhardt*, *Damoiseau* und *Lehmann* hatten ähnliche Resultate erhalten (letzterer das späteste Datum, den 28. November). Es traf ein im Anfang des 16. November 1835; der geringere Fehler ist theils den Fortschritten der Störungstheorie seit *Clairaut*, theils den genaueren Beobachtungen von 1759, im Vergleich zu den früheren, zuzuschreiben; die nächste, 1912 zu erwartende Wiederkehr dürfte noch genauer berechnet werden können.

In ähnlicher Art ist der Encke'sche Komet, seit man aus den verschiedenen Erscheinungen desselben sich seiner Identität versichert hat, regelmässig mit allen seinen Störungen vorausberechnet worden, und die Abweichung beschränkte sich jedesmal auf wenige Stunden oder gar nur Minuten, was freilich zum Theil durch die kurze Umlaufszeit (nur $1/23$ der des Halley'schen) erklärlich ist. So günstige Erfolge aber wären nicht möglich, wenn die der Berechnung zum Grunde gelegten Kräfte und die Art ihrer Wirkung nicht der Natur entsprächen, oder die Kometen anderen Bewegungsgesetzen folgten als die Planeten.

§. 174.

So viel zu einer allgemeinen Uebersicht ihres Laufes. Nicht minder wichtig, obwohl weniger als jene erforscht und festgestellt, sind die Erscheinungen, welche sich in physischer Beziehung an ihnen darbieten.

Zunächst ist zu bemerken, dass es zwar den Kometen an einem festen, planetarischen, dunklen und undurchsichtigen Kern gänzlich zu fehlen scheint, dass aber die meisten dennoch eine oft sehr starke Verdichtung ihres Glanzes nach einem im Innern der Masse (selten der Mitte) gelegenen Punkte zeigen. Diesen nur vergleichungsweise so zu nennenden Kern umgiebt — im einfachsten Falle — eine nach Aussen zu dünner werdende und sich in's Unbestimmte verlierende neblige Hülle. Die Kometen dieser Art sind dem blossen Auge gewöhnlich unsichtbar, oder gewähren doch kein von einem gewöhnlichen Sterne sich merklich unterscheidendes Bild.

Mit dem eigentlich geschweiften Kometen verhält es sich anders. Zwar umgiebt auch bei ihnen eine matte Hülle den glänzenden Kern, aber diese Hülle verlängert sich auf einer Seite — in der Regel auf der von der Sonne abgewandten — zu einem Schweife von mehreren, selbst von 60—90° (was auf Millionen von Meilen führt), und verliert sich in's Unbestimmte. Der Schweif ist von sehr mannichfacher Gestalt: gerade, fächerförmig, gebogen, flammenartig geschwungen, auch doppelt und mehrfach, dabei sehr grossen, nicht blos optischen Veränderungen unterworfen. Das Nähere hierüber muss bei der unten folgenden Beschreibung der einzelnen Kometen nachgesehen werden.

Die Kometen sind durchsichtig und bewirken

keine Brechung des Lichtstrahls, und zwar nicht blos ihre Schweife und Nebelhüllen, sondern selbst die sogenannten Kerne. Dieses merkwürdige, in Rücksicht der Schweife längst bekannte Resultat ist namentlich durch die Beobachtungen *Bessel's* (am Halley'schen) und *Struve's* (am Biela'schen Kometen) gefunden worden. Sie sahen Fixsterne nur wenige Sekunden vom Mittelpunkte hinter dem Kerne, der über sie hinwegging, und sie weder unsichtbar machte, noch selbst erheblich schwächte, und überzeugten sich durch genaue Messungen, verglichen mit Berechnungen über die Bewegung des Kometen, dass keine Refraction den Ort derselben verändert hatte. Die Masse also, aus welcher der Komet besteht, ist nicht gasförmig, sondern muss aus discreten, durch leere Zwischenräume getrennten Theilen bestehen.

Gleichwohl steht unzweifelhaft fest, dass der Komet Sonnenlicht zurückwerfe und eben so wenig als die Planeten mit eigenem Lichte leuchte. Darauf würde schon die grössere Helligkeit deuten, welche die Kometen bei der Annäherung zur Sonne — die nicht in allen Fällen auch Annäherung zur Erde ist — stets gezeigt haben, ferner das Verschwinden der Kometen bei zunehmender Entfernung von der Sonne zu einer Zeit, wo sie, ihrem Durchmesser nach, noch lange Zeit sichtbar bleiben müssten, endlich die directen Versuche *Arago's*, der 1835 das Licht des Halley'schen Kometen polarisirt und sich durch Vergleichung der Spectra überzeugt hat, dass es ein reflectirtes, folglich erborgtes, und ein eigenes Licht des Kometen durchaus unmerklich sei. Doch ist es möglich, dass in einzelnen Fällen und unter besonderen Umständen eine eigenthümliche Lichtentwickelung stattfinde, worüber nachher Einiges gesagt werden soll.

§, 175.

Ueber die Massen und Dichtigkeit der Kometen weiss man nur, dass beide unmerklich klein, und namentlich die letztere viele tausend mal geringer sein müsste, als selbst die der allerdünnsten Luft. Denn trotz der ungeheuren Grösse ihrer Nebelhüllen und Schweife, die oft den Sonnendurchmesser weit übertreffen, hat noch nie ein Komet die geringste Spur einer Wirkung geäussert, selbst nicht in den Fällen, wo er einem Planeten sehr nahe kam, und bei Berechnung der Planetenstörungen können (und müssen) wir die Kometen als nicht vorhanden betrachten. Für gänzlich immateriell kann man sie freilich nicht halten, denn

sonst würden sie selbst den Gesetzen der Schwere nicht unterworfen sein, nicht in Kegelschnitten um die Sonne laufen und keine Störungen von den Planeten erleiden. In der That ist es aber auch nur eine solche passive Materialität, die wir an ihnen wahrnehmen, und es hat in dieser Beziehung wirklich etwas Komisches, dass gerade diese gefahrlosesten aller Weltkörper — denn will man einmal durchaus von Gefahren sprechen, so sind die Planeten, der Mond und die Sonne selbst weit gefährlicher für uns — zu so ängstlichen Besorgnissen rücksichtlich des Zusammenprallens (!) mit einem von ihnen Veranlassung gegeben haben.

Die Kometen zeigen ferner in ihrem Ansehen manche Veränderungen, die freilich zum Theil optisch sind, dem grösseren Theile nach aber nicht aus der verschiedenen Stellung gegen die Erde erklärt werden können, demnach physische sein müssen. Dahin gehört das Verlängern des Schweifes bei der Annäherung zur Sonne und das Verkürzen oder auch völlige Verschwinden desselben, wenn sie sich wieder von der Sonne entfernen. Ferner das bei mehreren von ihnen bemerkte Zusammenziehen der Nebelhüllen und mehr noch der Kerne in der Sonnennähe, so dass der Umfang kleiner wird. Endlich die bereits von *Heinsius* am Kometen von 1744 bemerkte und später besonders am Halley'schen genau beobachtete Ausströmung (nach *Bessel's* Erklärung) einer fächer- oder büschelartigen Flamme, die in ihrer Richtung und in ihrem sonstigen Verhalten Veränderungen zeigt, in denen bereits etwas Periodisches erkannt worden ist (s. weiter unten). Diese und viele andere Veränderungen zeugen von einer überaus leichten Beweglichkeit und höchst geringen Cohäsion der einzelnen Theile des Kometen, der also auch in dieser Beziehung sich völlig verschieden von einem festen Körper verhält.

Wir können also nicht umhin, in den Kometen Körper zu erkennen, die sich nicht allein durch ihre Laufbahnen, sondern mehr noch durch ihre Substanz von den Planeten unterscheiden. Sie sind weder feste noch gasförmige Massen — beide Annahmen widerstreiten, wie wir gesehen haben, den direkten Beobachtungsresultaten — und ihre vollkommene Durchsichtigkeit schliesst auch die Form des tropfbar Flüssigen aus, so dass wir gar kein Analogon für sie kennen.

§. 176.

Die unabweisbare und gänzliche Verschiedenheit der

Kometen von den Planeten hat Anlass zu der Meinung gegeben, sie seien Weltkörper, die noch ihre erste Bildungsepoche durchmachten, gleichsam werdende Planeten. Es hängt diese Ansicht mit einer anderen allgemeineren zusammen, nach welcher alle Weltkörper in den verschiedenen Epochen ihrer Existenz auch verschiedenen Formen angehörten, dass also ein Uebergang von der Planeten- zur Sonnennatur u. dgl. im Laufe der Zeit stattfinde, dass nicht minder die Nebelflecke des Himmels in einer Uebergangsepoche begriffen seien und uns zerstreute Fixsternmaterie darstellten u. s. w. Allein obgleich die kurze Zeit, aus welcher wir sicher vergleichbare Beobachtungen besitzen, durchaus unzureichend ist, um auf eine Nichtwahrnehmung während derselben den Beweis eines Nichtstattfindens der behaupteten Veränderungen zu gründen, so ist gleichwohl nicht zu übersehen, dass in der ganzen Natur keine einzige Thatsache zu Gunsten einer solchen Annahme spreche, und dass ihre Unwahrscheinlichkeit in dem hier gegebenen besonderen Falle sich auch noch direct darthun lässt. Sind die Kometen bestimmt, einst Planeten zu werden, so sind auch wohl die jetzigen Planeten einst Kometen gewesen. Dieser Annahme aber stehen zu viele wichtige Gründe entgegen. So gewiss alle Bahnen veränderlich sind, eben so gewiss ist es, dass nicht alle und jede Veränderung ohne Weiteres als möglich angenommen werden kann, am allerwenigsten bei massenhaften Körpern wie die Planeten. Innerhalb desselben Systems können nie die Neigung, Excentricität und andere Elemente eines Planeten zunehmen, ohne dass gleichzeitig die eines anderen abnehmen und umgekehrt. Alle ihre Aenderungen sind Oscillationen innerhalb bestimmter meist ziemlich enger Grenzen. Namentlich aber ist es theoretisch unmöglich, dass eine rückläufige Bahn zur rechtläufigen werde, und es ist höchst unwahrscheinlich, dass eine Neigung, welche dem rechten Winkel nahe kommt, sich in eine von wenigen Graden verwandle. Mithin ist die Verwandlung einer kometarischen Bahn in eine planetarische in einem gegebenen Einzelfalle kaum denkbar, im Ganzen und Grossen aber unmöglich.

Endlich, und dies ist nicht der geringste Einwurf, woher soll die Masse kommen, die den Planeten constituirt, da der Komet so gut als keine Masse hat? Kein einziger der näher bekannten Kometen hat, wie oben bemerkt worden, jemals auch nur die geringste Spur einer Wirkung gezeigt, während doch diese Wirkungen in manchen Fällen, z. B. bei dem Kometen von 1769, der sich der Erde bis auf 360000

Meilen näherte, ganz ungeheuer gross gewesen sein würden bei einer nur etwas beträchtlichen Masse. (Es lässt sich bei diesem Kometen streng beweisen, dass eine Annahme, die seine Masse $= \frac{1}{5000}$ der Erdmasse setzt, noch viel zu gross sei.) Man würde zu allerlei gezwungenen Nothsätzen, woher die Kometen diese in's Tausend- und Millionfache gehende Vermehrung der Masse erhalten hätten, seine Zuflucht nehmen müssen: ich zweifle nicht, dass in den unermesslichen und unerforschlichen Weiten, welche die Kometen zu durchstreifen haben, sich Raum für manche derartige Hypothese finden möchte, allein wo bleibt ihre Wahrscheinlichkeit? Giebt es noch Materie im Sonnensystem, die verdichtungsfähig, aber noch nicht verdichtet ist, so ist Unendliches gegen Eins zu wetten, dass nicht die ohnmächtigen Kometen, sondern die grösseren Planeten diese Materie an sich ziehen und sich durch sie vergrössern, wofür aber gleichfalls die Beweise gänzlich fehlen.

Und wozu alle diese Schwierigkeiten, die sich noch sehr vermehren liessen, und deren gezwungene Lösung uns in ein wahres Labyrinth willkührlicher Annahmen führen würde? Doch nur um einen von Vielen beliebten Satz zu behaupten, der etwa so ausgedrückt werden kann:

> „Alle Weltkörper sind wesentlich ähnlicher Natur, und auf allen befinden sich (oder werden sich einst befinden, haben sich einst befunden) ähnliche Organismen (Menschen, Thiere, Pflanzen), so wie ähnliche Verhältnisse der anorganischen Massen, wie auf unserer Erde."

Ich wage es, diesem Satze einen anderen contradictorisch entgegengesetzten gegenüberzustellen:

> „Die Weltkörper sind nicht Exemplare, sondern Individuen im strengsten Sinne des Wortes, es giebt so viele Arten von Weltkörpern als Weltkörper selbst, nur im Einzelnen finden sich grössere oder geringere Analogien ausgesprochen, die uns einigermaassen berechtigen, Klassen der Weltkörper anzunehmen: sie alle zusammen haben Nichts mit einander gemein, als das Gesetz der Schwere. Jeder Weltkörper bleibt durch alle Zeiten hindurch im Wesentlichen das, was er einmal geworden ist."

Wiewohl der Zustand unserer astronomischen Kenntnisse nicht erlaubt, und noch lange nicht erlauben wird, einen ent-

scheidenden Beweis für die letztere Behauptung zu führen, so ist sie doch gewiss diejenige, die wir bei einer unbefangenen Prüfung der Beobachtungen als die für jetzt wahrscheinlichste annehmen müssen. Alle Einrichtungen im System unserer Sonne zielen, so weit wir sie zu durchschauen im Stande sind, auf Erhaltung des Bestehenden und unabänderliche Dauer. Wie kein Thier, keine Pflanze der Erde seit den ältesten Zeiten vollkommener oder überhaupt ein Anderes geworden ist, wie wir in allen Organismen nur Stufenfolgen neben einander, nicht nach einander antreffen, wie unser eigenes Geschlecht in körperlicher Beziehung stets dasselbe geblieben ist — so wird auch selbst die grösste Mannichfaltigkeit der coexistirenden Weltkörper uns nicht berechtigen, in diesen Formen blos verschiedene Entwickelungsstufen anzunehmen, vielmehr ist alles Erschaffene gleich vollkommen in sich.

Ueberhaupt, nach welchem Maassstabe wollen wir das Niedere und Höhere im Weltencyklus bemessen? Sind die Centralkörper die höheren, und die umlaufenden geringer? oder entscheidet das Verhältniss der Schwere in der Art, dass das geistigere, höher entwickelte Leben da zu suchen ist, wo die Bande der Schwerkraft die am wenigsten hemmenden sind? Beide Betrachtungsweisen führen auf eine geradezu entgegengesetzte Stufenfolge, und es ist schwer zu sagen, auf welcher Seite die grössere Wahrscheinlichkeit liegt. Geben wir es also lieber gänzlich auf, diese transscendenten Fragen lösen zu wollen, und gewöhnen wir uns, in jedem Weltkörper, wie in jedem erschaffenen Wesen, ein Etwas zu sehen, dass seine ihm eigenthümliche Bestimmung erfüllt.

Die unermessliche Mannichfaltigkeit, die sich in allen Werken der Schöpfung offenbart; der Reichthum der Natur, die Tausende von Mitteln besitzt, ihre Zwecke zu erfüllen, obwohl wir oft nur wenige oder ein einziges kennen mögen, ist etwas weit Erhabeneres und des Urhebers der Welt Würdigeres, als eine blosse Zahlenunendlichkeit, ein blosses Copiren nach vorangegangenen Mustern. Menschenwerke mögen so beschaffen sein, ja bei der Beschränktheit unseres Verstandes in dieser Gleichförmigkeit ihre relative Vollkommenheit besitzen: hüten wir uns aber, die Werke des in jeder Beziehung Unendlichen mit einem ähnlichen Maasse messen zu wollen.

§. 177.

Nicht besser begründet sind die Meinungen: die Kometen

stürzten sich in die Sonne; gingen aus den Flecken derselben hervor; würden von den Planeten herangezogen und als Monde zurückbehalten; vermischten sich mit den Atmosphären der Planeten und würden so gleichsam von ihnen verschluckt u. s. w. — Dinge dieser Art würden gleichsam Fehler der Schöpfung andeuten, die corrigirt werden müssten. — Der Komet von 1680 kam der Sonne so nahe, dass er nur um den sechsten Theil ihres Durchmessers von ihrer Oberfläche entfernt blieb: und er stürzte sich nicht hinein, verbrannte und verflüchtigte sich nicht, ja zeigte sich nachher im Ganzen eben so wie vorher, und von dem noch näher an die Sonne herantretenden Kometen von 1843 gilt dasselbe. — Sonnenflecken giebt es fast immer, und es zeigt sich nicht, dass mit ihrem häufigeren Erscheinen eine besondere Häufigkeit der Kometen verbunden gewesen wäre; auch hat noch nie die Berechnung der Beobachtungen auf eine Bahn geführt, deren Anfangspunkt in der Sonne liegen könnte. Eine Verwandlung in Monde ist nach den im vorigen §. Gesagten höchst unwahrscheinlich, und da der Komet, wie wir gesehen haben, nicht gasförmig ist, so kann er sich auch mit keiner Atmosphäre chemisch vermischen.

Auch nach dem Zwecke der Kometen hat man gefragt. Sie sollten der Sonne Feuer oder Leuchtstoff zuführen, zur Erwärmung der Planeten dienen u. dergl. m. Alle solche Vermuthungen, die jedes wahrscheinlichen Beweises gänzlich ermangeln, lässt man am besten auf sich beruhen. Muss denn schlechterdings ein jeder Weltkörper den übrigen nützen? Was z. B. helfen uns die teleskopischen Fixsterne? Oder würde sich ein wesentlicher Nachtheil für die übrigen Planeten ergeben, wenn etwa die Erde aus dem System verschwände und vernichtet würde, und ist die Erde deshalb zwecklos?

Ich verkenne nicht die Wichtigkeit dieser und ähnlicher Fragen; sie betreffen die erhabensten Gegenstände, deren Betrachtung uns vergönnt ist. Aber Verkennung der Astronomie ist es gewiss, wenn man sie zu einem Tummelplatz unhaltbarer excentrischer Meinungen macht und ungeduldig den Beobachtungen, auf die doch zuletzt Alles sich stützen muss, vorgreift, ja wohl gar sie ignorirt oder verdächtigt, wenn sie sich dieser oder jener Lieblingshypothese nicht fügen wollen.

§. 178.

Hier ist nun der Ort, die oben §. 171. erwähnte Frage bezüglich der parabolischen und hyperbolischen Bahnen näher zu erörtern.

Unter den 243 bis zum Jahr 1864 mehr oder weniger scharf berechneten Bahnen sind 123 rückläufige und 120 rechtläufige, ein geringer Unterschied, den man mit Recht als blos zufällig bezeichnen mag. Aber sondert man einerseits die mit Gewissheit oder hoher Wahrscheinlichkeit elliptisch dargestellten Bahnen, andrerseits die grossen, augenfälligen, mit unbewaffnetem Auge ohne Mühe sichtbaren aus, so findet man von den ersten 3/5 rechtläufig, von den letztern nahezu 2/3 rückläufig. Untersucht man ferner die (fast immer gut bestimmbaren) Perihelabstände, so ergiebt sich als Mittelzahl aus den rückläufigen ein Perihelabstand = 0,73; aus den rechtläufigen 0,85. Von den Kometen, die ihr Perihel innerhalb der Venusbahn erreichen, sind 3/5 rückläufig; von denen, die ausserhalb derselben durchgehen, nur 4/11. Und endlich zeigen die 43 bestimmter als elliptisch zu bezeichnenden Perihelien eine deutliche Convergenz gegen denselben Polpunkt (die Plejadengruppe), der sich, wie oben §. 131. angegeben, bei den Planeten, alten wie neuen, nachweisen lässt, während das grosse Heer der übrigen Kometen, über deren Bahnform nichts Specielles feststeht, keine derartige Convergenz weder gegen die Plejaden noch gegen irgend einen anderen Punkt der Himmelskugel zeigen.

Endlich lassen sich zwei Gruppen von Kometen herausheben, in deren einer die Umlaufszeiten zwischen 3¼ und 7½ Jahr variiren, während sie in der andern zwischen 58 und 76 Jahre stehen. Die erste besteht aus 14 Kometen (3 oder 4 nicht ganz sicher), die zweite aus 6; in der ersten sind alle Bahnen rechtläufig; in der zweiten kommt nur eine rückläufige vor.

Die erste Gruppe bildet sich aus den sub Nr. 56, 76, 91, 93, 96, 104, 108, 144, 145, 176, 177, 184, 202 aufgeführten, von denen bereits 6 sichtbar wiedergekehrt sind und die Vorausberechnung bestätigten; die zweite aus den N. 27, 136, 139, 185, 194, 208; von denen einer, der rückläufige Halley'sche, schon zu wiederholten Malen wiederkehrte. Diese 7 ausgenommen, haben wir nur von einem anderen eine thatsächlich gewisse Rückkehr, und nur einige muthmasslich identische aufzuweisen. — Fast alles in diesem §. Erwähnte hat erst in neuester Zeit constatirt werden können. Mag nun auch einiges in Zukunft durch neu hinzukommende Facta erheblich modificirt, möglicherweise selbst ganz aufgehoben werden; so viel steht fest, dass die Gesammtheit der Kometen keine unterschiedslose Masse bilde, und dass die verschiedenen

Beziehungen, die oben aufgeführt worden, auf verschiedene Grundverhältnisse hindeuten.

Die meisten der Bahnen, welche in der Berechnung eine bestimmbare Ellipticität nicht erkennen liessen, schliessen sich der Parabel so gut an, dass selbst sehr genaue Beobachtungen durch sie genügend darzustellen sind, so dass die Berechner sich veranlasst fanden, der anfangs näherungsweise gegebenen Parabel nicht eine Ellipse, sondern nur eine schärfere Parabel zu substituiren.

Nur in elf Fällen hat sich ein hyperbolischer Excess ergeben, der bei 3 oder 4 Kometen sicher zu sein scheint, bei keinem jedoch erheblich von der Einheit abweicht. Diese 9 Kometen sind Nr. 71, 95, 98, 142, 152, 169, 175, 195, 210 unserer Tafel.

Wenn sich ein Körper irgendwo im Fixsternraume in einer, relativ zu den benachbarten Fixsternen, sehr langsamen, der Null nahe gleich kommenden Bewegung befindet, so wird er, wenn er einem derselben, z. B. unserer Sonne, allmählich näher rückt, um sie herum eine Bahn beschreiben, die praktisch von der Parabel kaum oder gar nicht zu unterscheiden ist, während eine weniger langsame Anfangsbewegung eine Hyperbel zur Folge haben wird. Darauf gründet *Littrow* die Ansicht, dass ein bedeutender, vielleicht der grösste Theil der Kometen, ursprünglich nicht dem Sonnen-, sondern dem grossen allgemeinen Fixsternsystem angehören, und dass daher die parabolischen Bahnen stammen.

Was dem Sonnensystem bleibend angehört, muss natürlich in Ellipsen oder Kreisen sich bewegen; es ist indess leicht möglich, dass ein ursprünglich fremder Komet durch die Wirkungen der Planeten in eine elliptische Bahn gelenkt und somit bleibender Bürger des Sonnensystems werde.

In der bekannten Laplace'schen Entstehungshypothese des Sonnensystems machten die rückläufigen Kometen bisher eine unauflösliche Schwierigkeit. Nach der hier entwickelten Ansicht ist es möglich, alle dem Sonnensystem ursprünglich angehörenden Kometen als rechtläufige zu betrachten, so dass die sehr wenigen rückläufigen, die als elliptische bekannt sind, wie beispielsweise der Halley'sche, als Eroberungen des Sonnenreichs anzusehen sind.

In dieser Gestalt nun scheint die nicht eben neue, aber in ihrer früheren Fassung unhaltbare Hypothese annehmbar, wenngleich zu ihrem Erweise noch zu vieles fehlt, um

sie sofort als Theorem zu betrachten. Eine völlige Abgeschlossenheit des Sonnensystems ist ohnehin nicht festzuhalten. Bei Umlaufszeiten, wie sie beispielsweise Nr. 100, 163, 178 zeigen, muss man merkliche Störungen der nächsten Fixsterne zugeben.

Ich habe nichts entscheiden, sondern nur darthun wollen, dass der Standpunkt der Kometenfrage ein andrer geworden und ein unbedingtes Festhalten an meiner früheren Ansicht nicht mehr Statt finden könne. Eine sichere Entscheidung kann nur die ferne Zukunft herbeiführen.

Gruppirung der periodischen Kometen.

Alexander und *Hind* haben darauf aufmerksam gemacht, dass fast alle periodischen Kometen, insbesondere alle deren Umlaufszeit mit einiger Sicherheit hat bestimmt werden können, sich nach ihrer Umlaufszeit in zwei grosse Gruppen bringen lassen.

Die erste Gruppe enthält Kometen deren Umlaufszeit nahezu die der Planetoidengruppe ist. Der innerste ist *Encke's* Komet, mit einer Umlaufszeit, welche nur um wenige Tage von der des innersten Planetoiden (Flora) abweicht; an der äusseren Grenze steht *Faye's* Komet, der allerdings die Umlaufszeit der Hygiea um mehr als 1½ Jahr überschreitet. Alle diese Kometen sind rechtläufig und ihre Neigungen nicht grösser, als die der Planetoiden. Es sind die folgenden:

	Neigung	Mittl. Abst.	Umlaufsz. Jahr.	Berechner.
1766 April 26	8° 1′ 45″	2,93368	5,025	*Burckhardt*
1770 Aug. 13	1 33 4	3,15605	5,607	*Clausen* (*Lexell's* Kom.)
1772 Febr. 8	12 39 45	3,51585	6,592	*Coffin* (*Biela's* Kom.)
1786 Jan. 30	13 7 34	2,22152	3,311	*Encke* (*Encke's* Kom.)
1819 Juli 18	10 42 48	3,16016	5,618	*Encke*
1819 Nov. 20	9 1 16	2,84931	4,808	*Encke*
1843 Oct. 17	11 22 31	3,81179	7,442	*Leverrier* (*Faye's* Kom.)
1844 Sept. 2	2 54 50	3,10249	5,466	*Brönnow*
1846 Febr. 25	30 49 4	3,12291	5,519	*Hind*
1851 Juli 8	13 56 12	3,46185	6,442	*d'Arrest*

Sechs von diesen Kometen sind in mehr als Einer Erscheinung beobachtet worden.

Eine zweite Gruppe hat Umlaufszeiten zwischen 70 und 77 Jahren. Die Neigungen sind sehr verschieden und es kommen unter ihnen sowohl recht- als rückläufige vor. Nur einer von ihnen (der Halley'sche) ist mit Gewissheit in mehreren Erscheinungen beobachtet worden. Es sind die folgenden:

	Neigung.		Mittl. Abst.	Umlaufsz. Jahre:	
1378 Nov. 8	17° 45′ 5″	R.	17,9875	76,288	(*Halley's* Komet)
1812 Sept. 15	73 57 3	D.	17,0954	70,684	
1815 April 25	44 29 55	D.	17,6338	74,049	(*Olbers* Komet)
1846 März 5	85 5 42	D.	17,5072	73,250	(*de Vico's* Komet, nach *van Deinse's* Rechn.)
1847 Sept. 9	19 8 25	D.	17,7795	74,965	

Zu dieser Gruppe kann man auch den *Westphal'schen* rechnen:

1852 Oct. 12	40 53 19	D.	15,0428	58,344

Vielleicht ist noch eine dritte Gruppe vorhanden, mit Umlaufszeiten von etwa 14 Jahren. Von den folgenden zwei Bahnen:

1846 Juni 1	31 2 14	D.	6,32065	15,991
1858 Febr. 28	54 23 39	D.	5,71313	13,654

ist besonders die letztere ziemlich sicher, der Komet sehr wahrscheinlich identisch mit 1790 II.

§. 179.

Ueber die Anzahl der Kometen lässt sich nichts Sicheres angeben. Die Zahl derer, für welche die Beobachtungen eine mehr oder minder genaue Bahnberechnung gestatteten, beläuft sich jetzt auf etwa 230. Zählt man alle, von deren Erscheinen einigermaassen glaubhafte Nachrichten vorhanden sind, so dürfte die Zahl auf 4 — 500 steigen. Seitdem man die Ferngläser erfunden und den Himmel fleissiger durchforscht hat, kann durchschnittlich jedes Jahr einen bis zwei Kometen aufzeigen: einmal stieg die Zahl auf 8. *Messier* fand allein 19 neue Kometen, *Caroline Herschel* 9, *Galle* in 3 Monaten 3 Kometen; doch sind dies fast sämmtlich teleskopische. Da nun kein Grad vorhanden ist, anzunehmen, dass dergleichen

schwache Kometen in früheren Zeiten, wo es unmöglich war, sie zu sehen, seltener in unsere Gegenden herabgekommen seien, und da die meisten Kometen viele Jahrtausende zu ihrem Umlauf gebrauchen mögen, so erscheint *Lambert's* Schätzung (4000) nicht im Geringsten übertrieben.

Doch dies sind nur diejenigen, welche unseren Fernröhren sichtbar werden können. Noch ist nicht ein einziger, selbst nicht in den stärksten Ferngläsern, bis zur Jupitersbahn sichtbar geblieben, wiewohl man mehrere der glänzendsten mit der grössten Ausdauer verfolgt hat, und die Ephemeride ihren Ort hinreichend genau angab, mithin alles eigentliche Suchen wegfiel. Schwächere Kometen konnten, selbst in der Opposition, nicht über die Marsbahn hinaus verfolgt werden. Wie viele mögen nun ihr Perihelium jenseit der Jupitersbahn erreichen und für immer ungesehen bleiben, wie viele durch trübe Nächte, Mondschein und andere Umstände uns verloren gehen! Bei weitem die meisten Kometenentdeckungen fallen in den Herbst und Winter, da für Mittel- und Nord-Europa's Sternwarten — und erst in den neuesten Zeiten sind auch aussereuropäische zur geregelten Thätigkeit gelangt — die Nächte des Frühlings und Sommers zu hell und zu kurz sind, um zum Kometensuchen mit einiger Aussicht auf Erfolg einladen zu können. Berücksichtigt man dies Alles, so ist es gar nicht unwahrscheinlich, dass es Hunderttausende von Kometen im Sonnensystem gebe.

Bei dieser grossen Anzahl ist es um so mehr zu verwundern, dass sie, wie oben bemerkt, noch niemals Störungen im Laufe der anderen Weltkörper hervorgebracht haben, die sich uns bemerkbar gemacht hätten, und wir können nicht umhin, anzunehmen, dass sie nicht bloss einzeln genommen, sondern auch in der Gesammtsumme ihrer Massen noch unbedeutend sein müssen. Sie bestehen allem Anscheine nach aus den feinsten und flüchtigsten, einer eigentlichen Verdichtung ganz unfähigen Stoffen, während die dichteren und schwereren sich zu soliden Kugeln geballt haben.

§. 180.

Zur Aufsuchung neuer Kometen bedient man sich gewöhnlich kurzer Fernröhre mit breitem Ocular, welche nur wenig vergrössern, dagegen einen bedeutenden Theil des Himmels gleichzeitig übersehen lassen und zugleich möglichst lichtstark sind; man pflegt sie dieses Gebrauchs wegen Kometensucher zu nennen. Die meiste Hoffnung, neue aufzufinden, gewähren die

Morgenstunden des Herbstes und Winters (unter den Tropen sind im Allgemeinen alle Jahreszeiten gleich günstig). Entdeckt man in den Abendstunden Kometen, so sind es fast immer solche, die bereits früher hätten gesehen werden können. Durch die sogenannten Riesenfernröhre wird man nur selten und gleichsam zufällig neue Kometen entdecken, da ihr Feld zu klein ist. Solche dagegen, die man schon entdeckt hat oder einer Vorausberechnung gemäss erwartet, werden am besten in starken Ferngläsern, jedoch bei möglichst geringer Vergrösserung, aufgesucht und beobachtet werden.

In neuerer Zeit hat ein um die Wissenschaften und namentlich um die Astronomie hochverdienter Monarch, Frederik VI. von Dänemark, eine goldene Medaille für die Entdecker neuer teleskopischer Kometen gestiftet, die mit seinem Bildnisse geschmückt und mit dem Namen des Entdeckers, sowie dem Datum der ersten Wahrnehmung, bezeichnet ist.*) Sie trägt folgende Inschrift:

> Nec frustra signorum obitus speculamur et ortus.
> (Nicht vergebens erspähn wir Auf- und Niedergang der Sterne.)

In der kurzen Zeit des Bestehens dieser Stiftung haben mehrere, und darunter besonders auch deutsche Astronomen (die Verleihung war keinesweges auf Dänemark allein beschränkt) diese Medaille erhalten. Im vierten Jahrzehend unseres Säculums schienen die Entdeckungen neuer Kometen, dieser Stiftung ungeachtet, sich vermindern zu wollen, allein der Schluss desselben ist auf eine glänzende Weise durch die Entdeckung **dreier** Kometen innerhalb 14 Wochen von einem und demselben Astronomen (*Galle* in Berlin) bezeichnet worden.

Abriss einer Geschichte der Kometenerscheinungen.

§. 181.

Die historische Aufzählung derjenigen Kometen, welche bei ihrer Annäherung zur Sonne von irgend einem Orte der

---

*) Die Stiftung ist von seinem Nachfolger, Christian VIII., bestätigt, aber von dem Könige Frederik VII. widerrufen worden.

Erde aus bemerkt worden sind, hat ihre eigenthümlichen Schwierigkeiten Nicht dass wir uns, selbst was die ältesten Zeiten betrifft, über Mangel an Stoff zu beklagen hätten: er ist oft nur in zu grosser Fülle geboten. Aber diese rudis indigestaque moles enthält eine Unzahl von Notizen über die geträumte Einwirkung der Kometen auf die Schicksale der Erde und des Menschengeschlechts, während das für uns fast allein Wichtige — die möglichst genaue Bestimmung des Ortes am Himmel und der Zeit der Erscheinung — gewöhnlich gar nicht oder doch nur ganz beiläufig und auf eine ungenügende Weise gegeben wird. Nur die Berichte der Chinesen machen einigermaassen eine Ausnahme; wenigstens scheint dort der Aberglaube nicht so sehr alle Köpfe verrückt zu haben, als es im Abendlande der Fall war, wo man als Ketzer verbrannt worden wäre, wenn man auch nur den leisesten Zweifel an der Wirksamkeit dieser „Zuchtruthen eines ergrimmten Gottes" hätte laut werden lassen. Leider sind selbst noch die fleissigen Kometographen des 17ten Jahrhunderts, *Lubienitzky* und *Hevel*, in diesen Banden festgekettet, und was ihre voluminösen Werke wirklich Brauchbares und Sicheres enthalten, könnte man auf einen einzigen Bogen drucken.

Pingré in seiner Cometographie (Paris 1776) führt am vollständigsten die alten Quellen an und theilt ihre Nachrichten im Auszuge mit. Ueber die späteren und auch einige frühere Kometen (wie die von 1680 und 1744) besitzen wir werthvolle Monographien von *Heinsius*, *Olbers*, *Bessel*, *Argelander* u. A., in denen ein künftiger Geschichtschreiber besseres Material finden wird, als uns über die älteren Erscheinungen vorliegt. Hier sollen nur diejenigen erwähnt werden, die entweder an sich selbst oder durch andere Umstände eine besondere Wichtigkeit und Bedeutung erlangt haben, und zwar so viel als möglich in chronologischer Ordnung.

Von dem, was über die ältesten Zeiten gemeldet wird, nur ein Beispiel.

„Drei Tage vor dem Tode Methusalems erschien ein Komet im Zeichen der Fische, unterhalb des Planeten Jupiter; er durchlief in 29 Tagen die 12 Zeichen des Thierkreises (?) und verschwand am 16. April."

Und welches ist die Quelle einer so kostbaren Nachricht in einer so bestimmten Fassung? Ein *Rockemback*, *Zahn*, *Lubienitzky* u. A., von denen aber auch nicht Einer daran denkt, einen Beleg beizubringen.

Von ähnlicher Art ist der zur Zeit Abrahams erschiene

Komet (wohl nichts als ein Missverstand der Stelle 1 Mose 15, 17). — Wie man später häufig zu wirklichen Kometenerscheinungen unglückliche Ereignisse theils gewaltsam herbeizog, theils geradezu erdichtete, so scheinen umgekehrt die ersten Kometographen jedes wirkliche Unglück, dessen die Weltgeschichte gedenkt, mit einem Kometen ausgeschmückt zu haben; auch verrathen die gar zu argen Widersprüche das Falsum häufig auf den ersten Blick. Nie hat ein Aberglaube festere und allgemeinere Wurzel beim Menschengeschlechte gefasst, als der über den innigsten und nothwendigen Zusammenhang irdischer Calamitäten und himmlischer Wunderzeichen. Allerdings mag mancher der aufgeführten Kometen jener Zeit wirklich erschienen sein: doch wer vermag die ächten überall herauszufinden?

Uebergehen wir also die Kometen, welche bei der Sündfluth dem Thurmbau zu Babel, dem Untergange Sodoms, dem Ertrinken des Heeres der Aegypter u. s. w. angeführt werden.

§. 182.

464 v. C. Zur Zeit des *Anaxagoras* erschien ein Komet, den man mit einem bei *Aegos Potamos* niedergefallenen Meteorstein in Verbindung brachte. Da eine totale Sonnenfinsterniss als nahe gleichzeitig erwähnt wird, und diese nach *Struyck's* Rechnung am 30. April 462 v. C. wirklich stattfand, so dürfte auch dem Kometen eine wirkliche Thatsache zum Grunde liegen.

Um 428 v. C. *Aristoteles* erwähnt eines Kometen zur Zeit des Archonten *Euklees*, der nahe am Nordpole gesehen ward. *Struyck* hält ihn für den Halley'schen.

371 v. C. (1.) *Diodor* (lib. XV.) erwähnt einer Flamme von ungeheurer Grösse am Himmel; doch ist die Zeit der Erscheinung etwas ungewiss, denn andere Autoren berichten abweichend. Man brachte diesen Kometen mit dem durch Ueberschwemmung bewirkten Untergang der Städte *Helice* und *Bura*, so wie mit der Niederlage der Lacedämonier, in Verbindung. — Wir haben einige Nachrichten über seinen Lauf. Mitten im strengsten Winter erblickte man ihn in der Gegend des Nachtgleichenpunkts, und an den ersten Abenden ging er so bald nach der Sonne unter, dass man seinen Kopf nicht mehr wahrnehmen konnte; nur ein grosser Theil des Schweifes blieb noch lange sichtbar; ähnlich wie bei dem grossen Kometen von 1843, den *Boguslawsky* auch wirklich für identisch mit diesem hält. Er verschwand im Gürtel

des Orion. Sein Lauf war also scheinbar direct, wirklich aber wohl retrograd, und er ging während seiner Erdnähe durch den niedersteigenden Knoten. Durch das Perihel war er vermuthlich vor seiner Entdeckung gegangen; die Neigung betrug wenigstens 30 Grad.

344 v. C. *Diodor* gedenkt eines Kometen A. 108, II., der die ganze Nacht hindurch sichtbar war und vor *Timoleon's* Flotte herging; als sie nach Sicilien segelte. Er mag eine beträchtliche nördliche Declination gehabt und sich um Mitternacht am Westhimmel gezeigt haben.

203 v. C. Sowohl römische Schriftsteller als die chinesischen Annalen erwähnen eines Kometen. Die letzteren setzen seine Erscheinung in den Monat August, und nahe bei Arctur.

172 v. C. Grosser langgeschweifter Komet in China.

156 v. C. Gegen Ende des Octobers, er lief durch den Wassermann, das Füllen und den Pegasus. — *Mailla* und *Gaubil* führen noch eine Menge in China beobachteter Kometen an, bei den meisten liegen besondere Gründe, die an ihrer Echtheit zweifeln liessen, nicht vor; allein die zu unbestimmten Ortsangaben verhindern eine Bahnberechnung.

146 v. C. *Seneca* erwähnt eines Kometen, gross, roth und feurig, die Nacht mit seinem Glanze erhellend. Er verschwand allmählich, indem sein Glanz sich immer mehr schwächte.

137 v. C. (1 a.) Drei Kometen werden aufgeführt — vielleicht einer und derselbe. Er soll den vierten Theil des Himmels eingenommen und 4 Stunden zum Auf- und Untergange gebraucht haben. Einige lassen ihn selbst die Sonne an Glanz übertreffen. (?) — Auch in China wurde um diese Zeit ein grosser Komet gesehen. Die chinesischen Annalen scheinen im Allgemeinen weniger zu übertreiben, als die Griechen und Römer.

133 v. C. Bei Aminternae wurde eine „nächtliche Sonne“ gesehen. Wahrscheinlich kein Komet, sondern eine Feuerkugel, denn ein Komet kann nicht einzelnen Orten ausschliesslich erscheinen.

48 v. C. Grosser Komet. „Die dunkelste Nacht“ ward durch ihn erleuchtet; Flammen durchschnitten den Himmel nach allen Richtungen, und der schreckliche Komet entfaltete seinen Schweif.“ — Nach chinesischen Astronomen stand er nach einander bei β und ι Cassiopeja und verschwand in der Nähe des Poles.

43 v. C. Gegen Ende September. „Während ich dem Volke

öffentliche Spiele gab — so erzählt *Octavianus Augustus* — erschien ein geschweiftes Gestirn im Bilde des Fuhrmanns: es war von starkem Glanze und ward überall auf der Erde gesehen.“ Eine einfache und an sich gar nicht unwahrscheinliche Nachricht. Gleichwohl haben einige Schriftsteller daran gezweifelt, „denn ein Komet könne nur in Unglückstagen, nicht aber während fröhlicher Feste erscheinen.“ — Unvergleichliche Kritik!

Von solchen Schriftstellern darf es dann freilich nicht Wunder nehmen, wenn sie aus dem Sterne, der die Magier des Osten nach Bethlehem führte, einen Kometen, ja den grössten und wunderbarsten aller Kometen gemacht haben, „in dessen Mitte Maria mit dem Jesuskinde im Arm, von Strahlen umgeben, sichtbar war.“ Freilich eine solche Gelegenheit, mit Kometen Parade zu machen, konnten sich ein *Tanner*, *Maldonat*, *Lubienitzky* u. A. nicht entgehen lassen. — Hier sei blos bemerkt, dass in Beziehung auf einen Stern, der beständig in gleicher Richtung vor Reisenden hergeht, und zuletzt über einem Hause stillsteht, die Astronomie sich gänzlich incompetent erklären muss. Sie überlässt ihn denen, welche Wundererscheinungen zu behandeln wissen. — Es haben einige Astronomen angenommen, dass eine sehr nahe Zusammenkunft des Jupiter und Saturn hier gemeint sei, da eine solche sich 6 Jahre vor dem Anfange unserer Zeitrechnung, jenen Gegenden bequem sichtbar, ereignet habe, und ein ähnlicher Fehler in unserer Datirung „nach Christi Geburt“ auch aus anderen Gründen angenommen werden muss. Möglich, dass so etwas in der betreffenden Stelle gemeint ist; erklären in dem Sinne, dass alles darin Gesagte verständlich und begreiflich wird, kann man sie auf diese Weise nicht.

14 n. C. *Dio Cassius* und gleichzeitig die Chinesen gedenken eines Kometen.

39. Nach dem Tode des Tiberius erschien ein grosser Komet. Die chinesischen Berichte lassen ihn am 13. März in den Plejaden stehen, dann durch den Pegasus laufen und am 30. April am Kopfe der Andromeda verschwinden.

Dass der so scharfsichtige *Seneca* gleichwohl so äusserst nachlässig rücksichtlich der zu seiner Zeit erschienenen Kometen sich zeigt, muss uns in Verwunderung setzen. Selbst das Jahr der Erscheinung bestimmt er

nicht genau. Für 60. 62 und 64 bestätigen chinesische Beobachtungen die Angaben *Seneca's*, die übrigen sind ungewiss.

65. oder 69. Der Zerstörung Jerusalems soll ein Xiphias (schwertförmiger Komet) vorangegangen sein.

76. Ein von *Plinius* erwähnter Komet, den *Titus* beobachtete, wird durch chinesische Astronomen bestätigt. Sein Schweif war 3° lang, er war 40 Tage hindurch sichtbar und stand am 7. Sept. am Kopfe des Herkules, von wo er nach β Capricorni zu rückte, und von diesem Stern 3° gegen Osten entfernt blieb.

117. Scheifloser Komet. Am 14. Januar nahe südlich bei β des Wassermanns und α des Füllens. Er rückte bis in das Gestirn der Fliege.

141. Komet mit einem 6 — 7° langen Schweife, in China beobachtet. Von α Pegasi lief er durch Andromeda und die Plejaden nach γ der Zwillinge zu, und verschwand zuletzt im Löwen.

240. (1 d.) Komet mit einem 30° langen Schweife. Aus den Angaben: 10. Novbr. im Schwanze des Scorpions; hierauf in Conjunction mit Venus; endlich am 19. Decbr. zwischen Wallfisch und Wassermann, hat *Burckhardt* versucht, seine Bahn abzuleiten. Sie ist in unten folgender Tafel unter Nr. 1 aufgeführt.

252. Zwei Kometen gleichzeitig. Der zweite hatte einen 50—60° langen Schweif und man sah ihn 20 Tage lang. *Matuon-lin* erzählt, dass, wenn er im Westen stand, sein Schweif nach Süden gerichtet war. Seine Farbe weiss; er lief von der Fliege durch den Orion. — Auch im folgenden Jahre bei γ der Jungfrau ein Komet mit einem 50° langen Schweife.

277. Der oben genannte Schriftsteller führt 5 Kometen in diesem Jahre auf, im 1., 3., 4., 5. und 7 Monat. Vielleicht einer und derselbe, dessen Sichtbarkeit durch Mondschein und anhaltende Trübheit unterbrochen war.

336. Ausserordentlich grosser Komet. Nach den Chinesen stand er am 16. Februar am Gürtel der Andromeda, und lief schnell bis zum Kopfe des Widders. Sein starker Glanz war nur von kurzer Dauer. Dies führt auf die Vermuthung, dass er der Erde sehr nahe gestanden habe. Abendländische Schriftsteller bringen ihn in Verbindung mit dem Tode Constantin's (22. Mai 337).

363. *Ammianus Marcellinus* lässt einen (kurz vor Julian's Tode erschienenen) Kometen am hellen Tage sichtbar

sein. Nach chinesischen Beobachtungen stand er am 26. August in der Gegend von α und ι der Jungfrau, was auf eine Sichtbarkeit in heller Dämmerung, also auf bedeutenden Glanz schliessen lässt.

389. Ein ausserordentlich grosser Komet, dessen *Nicephorus* und *Marcellinus* erwähnen. Aber die zu uns gelangten Nachrichten über ihn wimmeln von Widersprüchen und inneren Unmöglichkeiten. Nicht genug, dass die einzelnen Autoren ihn verschiedenen Jahren zuschreiben, wodurch eine Menge falscher Kometen in die Verzeichnisse gekommen sind: auch die Nachrichten über seinen Ort sind unvereinbar. Er soll z. B. um Mitternacht neben Venus geglänzt haben, was für mittel- und südeuropäische Breiten absolut unmöglich ist. Wollte man aber auch das „in media nocte" nicht gerade auf die Mitternacht, sondern etwa auf volle Nacht beziehen, so steht abermals die Angabe des *Philostorgius* entgegen, dass er kurz vor *Theodosius* Abreise erschienen sei; denn damals stand Venus in Conjunction mit der Sonne und war unsichtbar. Hat man vielleicht Venus mit Jupiter verwechselt? Vermuthen lässt sich hier Manches; berechnen Nichts. — Sein Schweif soll flammenförmig gewesen und der Komet nach 40tägigem Glanze in der Mitte des grossen Bären verschwunden sein, woraus sich allenfalls schliessen lässt, dass das von uns gesehene Stück der Bahn zwischen dem aufsteigenden Knoten und dem (später eintretenden) Perihel gelegen habe.

390. Bei Gelegenheit dieses Kometen bedient sich *Marcellin* zur Bezeichnung des Schweifes des Wortes columna; irgend ein unverständiger Abschreiber hat columba gelesen, und hieraus sind durch die Wundersucht jener Zeiten ganze Flüge von himmlischen Tauben entstanden, die lustig am Himmel herumfliegen. — Möglich, dass der Komet von 390 der grosse von 389 war, der auf seiner Rückkehr von der Sonne noch einmal gesehen ward.

400. Ein ungeheurer, vom Horizont bis zum Zenith reichender Komet setzte Constantinopel in Schrecken — Chinesische Beobachtungen begnügen sich mit 30° Schweiflänge, und lassen ihn von Cassiopeja durch den grossen Bären und an α Herculis (oder wahrscheinlich β Leonis) vorüber gegen η und β der Jungfrau rücken und dort verschwinden.

418. Dieser Komet ward zuerst während einer totalen Sonnenfinsterniss am 19. Juli gesehen. Ein Kern war nicht sichtbar; er wird uns als eine isolirte Flamme beschrieben. Er soll bis in den November, nach Anderen selbst bis in den Februar des kommenden Jahres, gesehen worden sein. — Die Chinesen erblickten ihn erst im September (dort war die Sonnenfinsterniss nicht total gewesen). Sein Lauf ging von δ des Löwen gegen λ und μ des grossen Bären.

467. Grosser „trompetenförmiger" Komet, 6 Wochen hindurch sichtbar.

504. *Galfredus Monumetensis* macht eine besondere Beschreibung dieses Kometen: „Sein Schweif endete in einem feurigen Ballen, einen Drachen vorstellend, aus dessen Maul 2 Schweife hervorgingen, der eine nach Frankreich, der andere nach Irland weisend (der Ort der Beobachtung ist England). Der letztere Schweif spaltete sich in 7 kleinere." — Die Nichterwähnung dieses Kometen in den chinesischen Annalen lässt vermuthen, dass entweder an der ganzen Sache nichts, oder dass es eine blosse feurige Lufterscheinung gewesen sei.

531. Dieser Komet wurde von *Pingré* und Anderen für identisch mit dem von 1680 und 1106 gehalten, was eine Umlaufszeit von 575 Jahren ergäbe. Allein aus den Beobachtungen des grossen Kometen von 1680 hat *Encke* in seiner Preisschrift das Resultat gezogen, dass seine Umlaufszeit jedenfalls mehrere Jahrtausende begreifen müsse. Für die Verschiedenheit beider Erscheinungen spricht auch der Umstand, dass er im September am Abendhimmel (nach *Theophanus* Bericht) gesehen worden, was mit den Elemeten des Kometen von 1680 sich nicht verträgt.

539. (2.) Grosser Komet im 13. Jahre vor Justinians Regierung. Sein Schweif war von Ost nach West gerichtet. Die chinesischen Beobachtungen sind genauer und lassen eine ungefähre Bahnbestimmung zu, die *Burckhardt* unternommen hat. Nur geben die Chinesen keine Breiten, deshalb bleibt die Entscheidung zweifelhaft, ob der berechnete Knoten der auf- oder niedersteigende gewesen. — *Procopius* Angaben enthalten die ärgsten Widersprüche: er soll im October im Schützen gestanden haben und gleichwohl der Sonne nachgefolgt sein.

565. (3.) Nur von Chinesen erwähnt. — Da er Aehnlichkeit mit den Kometen von 1683 und 1739 zu haben schien,

so untersuchte *Burckhardt* die Beobachtungen, fand aber nur zwei brauchbare und konnte also keine sichere Bahn bestimmen. Gleichwohl zeigte sich, dass keine Identität mit den beiden erwähnten späteren Kometen stattfinden könne.

566. *Abul Taraji* beschreibt einen langgeschweiften, ein ganzes Jahr nahe am Nordpol sichtbaren Kometen. Nach *Marius* blieb er nur 10 Wochen sichtbar.

568. (4.) Zwei Kometen. Der grössere erschien nach chinesischen Berichten am 3. Sept., ward bis zum 11. November gesehen, hatte einen 40° langen Schweif und lief vom Wassermann durch den Pegasus nach dem Kopfe des Widders.

582. Glänzender Komet, von *Gregor von Tours* erwähnt. Der Schweif erschien am Abendhimmel wie der Rauch einer grossen, von Weitem gesehenen Feuersbrunst.

607. Zwei oder gar drei Kometen; allein die Berichte enthalten sehr viele Widersprüche.

615. Komet von 50 — 60° Schweiflänge. Die Spitze schien etwas zu schwanken (vielleicht eine Zurückkrümmung, wie man an späteren mehrfach beobachtet hat.)

676. Ueberaus glänzend, in Europa und China gesehen. Innerhalb der 58 Tage seiner Sichtbarkeit lief er vom Kopf der Zwillinge gegen μ des grossen Bären.

729. *Beda* und Andere erwähnen zweier Kometen, der eine vor der Sonne aufgehend, der andere nach ihr untergehend, also wohl ein und derselbe Komet, mit der Sonne in nahe gleicher Rectascension, aber in beträchtlich nördlicherer Declination.

837. (7.) Der älteste der Kometen, dessen Bahn einigermaassen zuverlässig (durch *Pingré*) dargestellt werden konnte. Die Beobachtungen der Chinesen (denn mit den europäischen ist auch hier nichts anzufangan) beginnen am 22. März. Am 6. April war sein Schweif schon 10°, am 10. April 50° lang und in zwei Arme gespalten; am 11. zeigte er sich einfach und von 60° Länge; am 14. von 80°. Nun nahm er schnell ab: am 28. April hatte er nur 3° Länge und ward später nicht mehr gesehen. Sein Lauf ging vom Wassermann bis zur Wasserschlange. Noch hat sich kein Komnt gefunden, der Aehnlichkeit mit diesem hätte.

855. Ein Komet in Frankreich gesehen, 20 Tage lang; vielleicht der Halley'sche.
875. Grosser, doch etwas ungewisser Komet; denn es werden von 873 — 878 viele, aber unter so ähnlichen Umständen aufgeführt, dass eine Verwechselung der Jahreszahlen zu vermuthen ist und nur eine Erscheinung zum Grunde zu liegen scheint.
891. Langgeschweifter Komet (100° nach den Chinesen), doch ist das Ganze sehr ungewiss. *Pingré* hielt ihn mit dem von 1532 und 1661 für identisch, was sich um 1790 herum hätte bestätigen müssen.*)
895. Hier setzen chinesiche Berichte (*Ma-tuon-lin*) einen Schweif anfangs von 100, später (1. August) von 300°. Wie soll man dies verstehen? Mehr als 180° sind ja vom Himmel nie gleichzeitig sichtbar, und nur eine ganz ungewöhnliche Nähe bei der Erde könnte einen Schweif von nahe 180° erklären, und diese kann wohl einen Tag, aber nicht 37 Tage während welcher der Schweif fortwährend gewachsen sein soll, anhalten. — Vielleicht ist das Ganze eine Verwechselung mit 891, denn auch die Zeitbestimmungen wollen nicht wohl passen.
905. 931. Grosse Kometen, aber Verwirrung und Widerspruch in den Berichten. Nur des ersteren erwähnen die Chinesen und setzen seinen Schweif über 100° lang. — War der von 931 etwa der Halley'sche?
939. Die Welt (d. h. Frankreich und Nord-Italien) ward durch eine totale Sonnenfinsterniss in Angst und Schrecken versetzt (*Luitprand*), und zum Ueberfluss kam noch ein Komet hinzu mit entsetzlichem Schweife, 8 Tage lang sichtbar.
942. Komet am westlichen Himmel mit einem Schweife wie eine feurige Rauchsäule. Eine grosse Rinderpest wird ihm zugeschrieben. Von 939—945 hat jedes Jahr seinen Kometen und von allen wird nahe dasselbe gesagt — also wohl Jahreszahlverwechselung.
975. Grosser Bartkommet (nach *Cedrenes*) In Italien und Canstantinopel vom August bis Oktober sichtbar. *Mail-*

---

*) Der Fall, dass ein erwarteter Komet nicht erschien, ist keineswegs selten, aber sehr wohl erklärlich. Wenn die Zeit seiner Wiedererscheinung nur beiläufig bekannt und nicht mindestens der Monat gewiss ist, so ist es unmöglich, den geocentrischen Ort einigermaassen voraus zu bestimmen. Dann hängt sein Auffinden vom Zufall ab, und überdiess kann seine Stellung gegen Erde und Sonne so beschaffen sein, dass er sich uns gänzlich entziehen muss.

la's chinesische Berichte lassen ihn am 11. Juli, *Gaubil's* erst am 3. August im Kopfe der Wasserschlange erscheinen. Man sah ihn nur in den Morgenstunden, und sein Schweif war 40° lang. Er durchlief den Krebs und stand zuletzt bei γ des Pegasus und α der Andromeda. — Diese, obgleich unvollkommenen, Berichte scheinen eine Aehnlichkeit mit den Erscheinungen von 1264 und 1556 anzudeuten, und *Halley*, so wie nach ihm andere Astronomen bestimmten seine Wiederkehr um die Mitte des 19. Jahrhunderts. *Hind* und *Bomme* berechneten unter Voraussetzung einer Identität die Störungen, die er von den Planeten erfahren haben musste, wonach die Wiederkehr zwischen 1856 und 1860 sich ergab. Aber *Hoek* in Leyden hat die chinesischen Berichte über die Kometen von 975 und 1264 genauer untersucht und gefunden, dass die Beobachtungen von 975 sich gar nicht, und die von 1264 nur sehr gezwungen mit 1556 vereinigen lassen, und dass wahrscheinlich alle 3 Kometen verschiedene sind.

989. (9.) Die angegebene, nach chinesischen Beobachtungen berechnete Bahn ist sehr unsicher.

1000. In diesem Jahre wimmelt es förmlich von feurigen Drachen, Flammen vom Himmel fallend, Erdbeben und anderen Wunderzeichen; es versteht sich son selbst, dass dabei ein Komet nicht fehlen durfte. Wollte man ihn aber auch als existirend annehmen, so sind die Widersprüche der Autoren auf heine Weise zu vereinigen. — *Ma-tuon-lin's* chinesische Annalen wissen übrigens nichts von ihm.

1006. *Haly-ben-Rodoan* erwähnt eines Kometen, der stärker als der halbe Mond geleuchtet und dessen Kopf dreimal grösser als Venus gewesen. *Pingré* findet die Angaben darstellbar durch:

$$\begin{aligned} T &= \text{März } 22. \\ \pi &= 304^\circ\ 30' \\ \Omega &= 38^\circ \\ i &= 17^\circ\ 30' \\ q &= 0{,}5835. \end{aligned}$$

Bewegung retrograd.

Doch ist dies Alles sehr ungewiss. — Von hier ab 60 Jahre lang eine so grosse Verwirrung in den (übrigens zahlreichen) Berichten von Kometen, dass man in

gänzlicher Ungewissheit bleibt. Auch die sparsamen chinesischen Berichte klären nichts auf.

1066. (10.) Ueber 50 Schriftsteller erwähnen dieses grossen und berühmten Kometen; dass es nicht ohne arge Widersprüche dabei abgehe, kann man sich leicht denken. Er erschien in der Osterwoche, oder nach den Byzantinern Anfangs Mai. Das Chronicon Augiense giebt ihm nur wenige Nächte, andere 5, 7, 12, 30, 40, die Chinesen 67. Den letzteren muss abermals Alles entlehnt werden, was zu einer Bestimmung dienen kann. *De Guignes* giebt nach *Ma-tuon-lin* Folgendes an:

Der Komet erschien am 2. April zwischen α und β des Pegasus Morgens im Osten, Schweif 7° lang. Nach und nach verschwand er in den Sonnenstrahlen. Am 24. April kam er Abends wieder zum Vorschein und stand im Nordwest; er hatte keine Nebelhülle. Auf seinem östlich gerichteten Laufe ging er durch die Hyaden dem grossen Bären zu. Später zeigte sich die Nebelhülle wieder. Es werden eine Menge Sternbilder aufgeführt, die er in den letzten Apriltagen durchlaufen sein soll (also war er damals der Erde sehr nahe und in diese Zeit fallen auch die meisten Erwähnungen der Abendländer). Die in der Tafel gegebene Bahn ist sehr unsicher.

1097. (11.) Nur kurze Zeit gesehen, jedoch sehr gross. Sichtbar in Europa vom 30. September bis 14. Oktober, in China bis zum 25. Oktober. Einige geben ihm 2 Schweife, den längeren gegen Osten, den kürzeren gegen Süden gerichtet, wogegen Andere nur von einem, jedoch sehr langen Schweife sprechen (30 — 50° die Chinesen). Besonders glänzend scheint er übrigens nicht gewesen zu sein, nur die Länge seines Schweifes zeichnete ihn aus.

1106. Grosser Komet, der lange Zeit für identisch mit denen von 531 und 1680 gehalten wurde, eine Identität, auf welche *Whiston*, bis zur Sündfluth und noch jenseit derselben zurückschliessend, seine seltsame Kosmologie hauptsächlich gebaut hat. Bereits oben ist bemerkt worden, dass es nichts mit dieser Identität sei. — Er soll am hellen Tage sichtbar gewesen sein. In Constantinopel und Jerusalem sah man ihn bis zum 7., in China bis zum 10. Februar. Der Kopf des Kometen stand in den Fischen, sein Schweif zog sich bis gegen Orion hin und nahm einen grossen Theil des Himmels

ein. Der Kopf war nicht sonderlich hell. Er durchlief den nördlichen Fisch, Andromeda, den Widder, die Plejaden und Hyaden. Nach dem 20. Februar ward er bleicher und kleiner, scheint also sowohl von der Erde als von der Sonne sich entfernt zu haben.

Die zahlreichen Kometen-Erscheinungen des 12ten Jahrhunderts bieten zwar viel Sonderbares, aber wenig Bemerkenswerthes und gar nichts Gewisses dar. Die meisten beruhten auf Missverstand und Verwechselung, wie *Pingré* ausführlich gezeigt hat.

1222. Grosser, den Mond überglänzender (?) Komet. — Chinesische Astronomen bezeichnen seinen Lauf: vom Fusse der Jungfrau auf Arcturus und weiter zum Haare der Berenice; sichtbar vom 10. September bis 8. Oktober. Bald darauf ward König *Philipp August* von Frankreich von einem Fieber befallen und starb am 14. Juli 1223; ein hinreichender Beweis, dass der Komet seinen Tod wahrgesagt hatte!

1230. Ein Komet von mässigem Glanze, etwa *Halley's*?

1231. (12.) Grosser berühmter Komet. Die chinesischen Beobachtungen setzen ihn:

Febr. 6. circa 320° L. und + 58° bis 60° B.
Febr. 6/8 - 298 - - + 60 - 61 -
März 1. nördlich von δ, β, π und ϱ des Scorpions.

Diese und einige andere, noch dürftigere Angaben hat *Pingré* zu der in der Tafel aufgeführten Bahn verarbeitet.

1264. (13.) In der nachfolgenden Tafel sind die Elemente nach *Pingré* und *Dunthorne* aufgeführt. Die letzteren sind hauptsächlich gegründet auf einen Tractatus Fratris Aegidii de Cometis, der aber nicht nur allen anderen Berichterstattern, sondern auch sich selbst widerspricht. Die zweiten Elemente *Pingré's* scheinen die zuverlässigsten. Dass die chinesischen Beobachtungen die bisher bei allen Kometenerscheinungen nicht nur als beste, sondern eigentlich als einzige Quelle anzusehen sind, gerade bei diesem Kometen unvereinbare Widersprüche enthalten, ist sehr zu bedauern. „Die, wie es scheint, besseren Angaben (der gleichzeitigen abendländischen Schriftsteller) geben ihm einen sehr langen Schweif, der lange Zeit schon sichtbar war, während der Kern noch unter dem Horizont stand, und zugleich eine ansehnliche Breite hatte, die sich aber schnell verminderte. Nur anfangs zeigte er starken

Glanz, doch ward der Komet 4 Monate lang gesehen. Die lange vermuthete Identität dieses Kometen (und des von 975) mit dem von 1556 ist durch *Hoek's* (in Leyden) Untersuchungen sehr unwahrscheinlich geworden.

1265. 1266. Diese beiden Kometen scheinen ächt zu sein, so wie noch einige andere nicht besonders merkwürdige um diese Zeit. — Als eine Probe des wirklich unbegreiflichen Leichtsinns und der krassen Ignoranz der damaligen Chronikanten mag folgende Nachricht *Ferret's* dienen:

„1297. *Adolph* ward am 15. Juni getödtet, als die Sonne im Löwen stand, man soll damals einen Kometen gesehen haben."

Nun ward aber *Adolph* von Nassau 1298 am 2. Juli in der Schlacht bei Gelnhausen getödtet, und die Sonne stand damals im Krebse, so wie am 15. Juni in den Zwillingen. Man wird sich wohl nicht leicht entschliessen, einem Schriftsteller, dem drei so grobe Unwahrheiten in einem Athem passiren, sein dicitur für Wahrheit anzurechnen.

1299. (14.) Grosser schöner Komet. *Pingré* hat vergebens versucht, die europäischen und chinesichen Beobachtungen in Uebereinstimmung zu bringen. Die Nachricht vom 5. März (Conjunction mit Venus) scheint die sicherste; sie liess sich mit der chinesischen Beobachtung vom 24. Jannar und der europäischen vom 25. Februar gut vereinigen; allein die zu Ende Januars gemachte steht im Widerspruch. Lässt man sie auf sich beruhen, so geben die drei übrigen die sub Nr. 14. in der Tafel aufgeführte Bahn.

1301. (15.) Ueber diesen grossen, dem von 1811 in seiner zweiten Erscheinung ähnlichen Kometen sind die Quellen: eine in Hexametern abgefasste Beschreibung des Byzantiners *Pachymeres*; einige schwer damit zu vereinigende Nachrichten abendländischer, besonders englischer Schriftsteller und endlich chinesische Beobachtungen. Je nachdem man die einen oder die anderen zum Grunde legt, erhält man ganz verschiedene Bahnen, eine retrograde aus den chinesischen, eine direkte aus den europäischen Beobachtungen. Bei beiden kommt eine starke Neigung heraus; Aehnlichkeit mit der Bahn des Kometen von 1811, die wir durch *Bessel* und *Argelander* genau kennen, hat sich aber nicht gezeigt;

auch beträgt die Umlaufszeit des letzteren gegen 3 Jahrtausende. — Der Komet von 1301 erschien Anfang September, sein anfangs kleiner, nördlich gerichteter Schweif verlängerte sich bis zu 10° und wandte sich östlich; Ende Octobers verschwand er allmälig.

1305. Langgeschwänzter Komet, vom 15.—22. April sichtbar. Höchst wahrscheinlich der Halley'sche.

1337. (16.) Der erste Komet, bei welchem die europäischen Beobachtungen mit den chinesischen wirklich übereinstimmen, wiewohl die letzteren im Grunde doch die einzige Basis bleiben, da die europäischen zwar Oerter, aber keine Zeiten angeben. In Europa sah man ihn am 24., in China am 26. Juli zuerst. Die letzteren setzen ihn anfangs in die Plejaden, am 29. Juli bei γ des Hercules, am 4. August bei *m* des Hercules, und seinen weiteren Lauf durch Ophiuchus bis zum Kopfe des Scorpions; hier ward er schwächer und verschwand. In Constantinopel sah man ihn wahrscheinlich früher, am Fusse des Perseus, und folgte ihm von da durch den Stier und nahe am Pole vorbei, durch Hercules und Ophiuchus. Aber gänzlich unvereinbar sind die Cambridger Beobachtungen, die, wie *Pingré* bemerkt, nur deshalb aus dem Staube hervorgezogen zu sein scheinen, um die Astronomen noch mehr zu verwirren und zu quälen. *Pingrés* Bahn giebt die Tafel an.

1351. (17.) 4 chinesische Beobachtungen, die aber keine Breiten angeben, vom 24., 26., 29. und 30. November. Nach europäischen Schriftstellern soll er 6 Monate, vom November bis Mai, im Krebse gestanden haben, was so gut als unmöglich ist; Andere lassen ihn in den Löwen rücken und dort verschwinden. *Burckhardt* findet es wahrscheinlich, dass er sein Perihel am 26. Nov. 12^h in 69^0 erreichte und hier etwa von Erde und Sonne gleich weit abstand. Alles Andere höchst ungewiss.

1362. (18.) Komet mit langem blassen Schweife. *Burckhardt* hat sich aber vergebliche Mühe gegeben, den Beobachtungen eine erträgliche Bahn abzugewinnen.

1378. (19.) Der Halley'sche Komet in seiner ersten gewissen Erscheinung. Aus chinesischen Beobachtungen berechnet.

1402. Gross und glänzend; die damals Lebenden erinnerten sich keines ähnlichen. Anfangs nur schwach, nahm er bald an Glanz und Länge des Schweifes zu, der nicht von der Sonne ab-, sondern seitwärts gewandt war.

Er war am hellen Mittage sichtbar: man konnte sowohl Schweif als Kopf neben der Sonne bemerken. Nach *Kämpfer* ist er auch in Japan beobachtet worden. Die unvollkommenen Angaben lassen keine Bahnbestimmung zu, und die Identität mit 1532 und 1661 ist sehr zweifelhaft. — Ein zweiter (oder derselbe) ward im Sommer gesehen; fast aus allen Ländern liegen Berichte, aus keinem einzigen wirklich brauchbare Beobachtungen vor. Er soll ebenfalls noch vor Sonnenuntergang am Himmel sichtbar gewesen sein. Die (genuesische) Welt hielt sich für überzeugt, dass er den Tod *Galeozzo Visconti's* bedeutet habe. Noch genügsamer war man 1538, als man in ordentliche Angst darüber gerieth, dass dem Kometen gar kein Unglück folgen wollte, bis „glücklicherweise" in einem Dorfe bei Rom ein Kalb mit zwei Köpfen zur Welt kam — freilich wichtig in einer Zeit, wo an Köpfen sonst eben kein Ueberfluss gewesen zu sein scheint!

1454. Dieser Komet soll den Mond verfinstert haben. Allein die Stelle des Byzantiners *Georg Phranza* sagt dies nicht deutlich und wird viel wahrscheinlicher so ausgelegt, dass er während einer Mondfinsterniss sichtbar geworden sei. Ein Hindurchgehen zwischen Mond und Erde ist zwar an sich nicht unmöglich, aber die Durchsichtigkeit der Kometen verträgt sich nicht mit einer durch sie bewirkten Finsterniss.*)

1456. (19.) 2te völlig gewisse Erscheinung des Halley'schen Kometen; sowie zugleich die erste, für welche die europäischen Beobachtungen allein ausreichen, um aus ihnen eine erträglich genaue Bahn zu bestimmen. Von jetzt ab gewinnt die gesammte Astronomie, folglich auch die Kometenkunde, ein anderes Ansehen. Nicht dass die alten Mirakel sofort verschwänden, sie ziehen sich vielmehr gespensterartig noch Jahrhunderte lang fort und werden erst im 18ten gänzlich und hoffentlich auf immer verscheucht; aber sie sind glücklicherweise nicht mehr das Einzige, was man uns zu melden für gut gefunden, und die mühsamen Untersuchungen liefern keine so tief beschämende Ausbeute mehr. So mögen denn von jetzt ab wenigstens in dieser Zusammenstellung

*) Die Mondfinsterniss, wie immer durch den Erdschatten bewirkt, fand übrigens der Rechnung nach am angegebenen Tage wirklich statt.

jene Monstrositäten ganz verschwinden und wesentlicheren Dingen Platz machen.

Man sah ihn zuerst am 19. Mai Morgens. Sein Glanz nahm schnell zu; am 6. Juni war sein Kern glänzend wie ein Fixstern; er stand in 50° L. und + 14° Br.; zu Rom fand man seinen Schweif 22° lang. *Ebendorf* setzt seinen Schweif nur 10° und lässt ihn vom Fusse des Perseus bis gegen Algol sich erstrecken. Als er, vom Perihel zurückkehrend, der Erde wieder näher kam, nahm sein Schweif noch zu und erreichte 60° Länge. *Dlugoss* und *Michow*, zwei polnische Schriftsteller, bemerken, dass er vom 16. Juni an nicht mehr unterging; dies war für Polen richtig denn er hatte jetzt der Berechnung nach + 42° Breite und stand um Mitternacht in Norden. Gegen Ende Juni nur noch schwach; im Juli verschwand er völlig. — *Pingré's* Bahn siehe in der Tafel.

1468. (22.) Bläulicher Komet, vom September bis November sichtbar, doch nicht besonders glänzend. Die obwohl zahlreichen Angaben stimmen wenig überein und eine Bahn ist aus ihnen nicht zu ermitteln.

1471. Komet von röthlicher Farbe, im Spätjahre am Morgenhimmel sichtbar und sein Schweif nach W. gerichtet. Er scheint mit dem folgenden nicht identisch zu sein.

1472. (23.) Sichtbar schon im December 1471, allein erst im Januar entfaltete sich sein langer schöner Schweif. *Regiomontan* hat ihn zu Nürnberg aufmerksam durch seinen Radius astronomicus betrachtet, der ihm Abstände des Kometen von den Fixsternen gab, aus denen Länge und Breite berechnet werden konnten. Er bestimmte den Kopf des Kometen zu 11 Minuten Durchmesser, die Nebelhülle zu 34′. Diese Beobachtungen gaben *Halley* das Material zu seiner Bahnberechnung. *Brandes* hat seinen Schweif der Berechnung unterworfen, er findet ihn am 20. Januar 6° zurückgekrümmt und 4½ Millionen Meilen lang; am 2. Februar dagegen 18° zurückgekrümmt und 5½ Mill. Meilen lang. Am 21. Januar näherte er sich der Erde bis auf 680000 Meilen.

1476. Klein von blassblauem Lichte, von Anfang December bis 5. Januar 1477 sichtbar. Ortsbestimmungen fehlen.

1491. (24a.) Er ward nur kurze Zeit im Januar und Februar am Abendhimmel sichtbar und *Walther* konnte

ihn nicht lange genug beobachten. Gleichwohl hat *Peirce* versucht, eine Bahn zu bestimmen.

1500. 1505. 6. 12. 14. 16. 18. 21. 22. 30. Alle diese Kometen scheinen, nach *Pingré's* Untersuchungen, sicher zu sein, aber von keinem finden sich hinreichende Beobachtungen. Ausser ihnen noch eine Menge zweifelhafter oder durch Jahreszahlen-Verwechselung in die Verzeichnisse gekommener Kometen.

1531. (19.) *Halley's* Komet; dritte gewisse Erscheinung. *Apianus* in Ingolstadt hat die besten Beobachtungen angestellt; sie reichen vom 13—23. August und gaben Höhe und Azimuth. Er war bis Ende September sichtbar und sein Schweif hatte 10 Tage vor dem Perihel eine Länge von 3½ Millionen Meilen; er war der Sonne gerade entgegengesetzt.

1532. (26.) In Mailand war er am hellen Tage sichtbar. Von *Fracastor* seit dem 22., von *Apianus* seit dem 25. September beobachtet. Ausserdem besitzen wir noch die Beobachtungen *J. Vogelin's* (eines Schülers von *Regiomontan*), Astronomen in Wien. Dieser fasste sogar den kühnen Gedanken, durch Beobachtung der Parallaxe des Kometen seinen Abstand von der Erde zu bestimmen. Damals musste Zeit und Mühe verloren sein, aber höchst erfreulich ist es, zu sehen, wie nun schon allmälig richtigere Vorstellungen vom Weltgebäude aufdämmern und wie der Geist des grossen *Regiomontanus* in seinen Schülern fortwirkt. *Halley* hat die Bahn dieses Kometen bloss auf *Apianus* Beobachtungen gegründet; *Olbers* hat auch die übrigen damit verbunden.

1533. (27.) *Apians* Beobachtungen umfassen nur die Zeit vom 18.—25. Juli, und die Bemühungen von *Olbers* und *Dawes*, aus ihnen ein brauchbares Resultat zu erlangen, sind nur von geringem Erfolge gewesen. Am 21. Juli stand er hoch im Norden in der Gegend des Perseus, und konnte seiner Lage nach das Schwert vorstellen, welches Perseus in der rechten Hand hält. — Wir haben noch einige allgemeine Angaben von *Gemma* und *Fracastor* über ihn, die aber zu nichts führen, als dass er von Ende Juni bis Anfangs September sichtbar ward.

1556. (13.) *Fabricius* und *Gemma* beobachteten ihn. Leider sind die Originalbeobachtungen des ersteren für uns verloren; nur eine aus ihnen gefertigte ziemlich rohe Zeichnung des scheinbaren Laufes hat sich erhalten, die über-

dies nur einen Theil desselben darstellt (vom 4. bis 17. März). In neuern Zeiten sind Beobachtungen von *Heller* und einige andere Nachrichten über diesen Kometen bekannt geworden; doch hat sich durch Zuziehung derselben die Bahn nicht erheblich geändert. Der Komet blieb bis zum 23. April sichtbar und verschwand in der Cassiopeja. Er war überhaupt nur klein, sein Schweif 4° lang, und er ward lange Zeit mit dem von 1264 für identisch gehalten.

1558. (28.) Am 14. Juli gesehen und bis zum 19. September verfolgt. Landgraf *Wilhelm IV.* von Hessen beobachtete ihn in der letzten Hälfte des August. *Olbers* hat aus den Angaben dieses Fürsten und denen des *Gemma Frisius*, mit Verbesserung eines Druckfehlers bei letzterem (20. *die*, lies *eo die*), die Bahn berechnet. Er war nicht besonders glänzend.

1569. Dieser Komet, obgleich er an vielen Orten, auch von *Gilbert* in Cambridge, vom 2. — 12. November beobachtet wurde, muss verloren gegeben werden. Die ruhmvollen Tage eines *Flamsteed* und *Bradley* waren für Brittanien noch nicht angebrochen, und was *Riccioli* dem *Kepler* über diesen Kometen zuschreibt, gilt dem von 1596. Er war klein und sein Schweif sehr matt.

1577. (29.) Grosser Komet, der schon vor Untergang der Sonne gesehen werden konnte. Mit ihm beginnt eine neue Epoche, denn er ist der erste von *Tycho* beobachtete. Die Uebereinstimmung in seinen Angaben ist ganz ohne Beispiel bis dahin. Es sind Abstände von Sternen, und er hat dabei auch Rücksicht auf die Excentricität des Auges in Bezug auf das Winkelinstrument genommen. Sie gehen vom 13. November bis 26. Januar, und haben *Halley* zur Bahnbestimmung gedient. Er kam der Sonne viel näher als alle bis dahin berechneten. *Tycho* setzt 7 Minuten Durchmesser für den Kopf des Kometen, und 22° Länge für den Schweif in der ersten Beobachtung; später nahm sie beträchtlich ab. Der Schweif war nicht genau gegen die Sonne gerichtet und überhaupt nicht gerade; die Convexität seiner Krümmung war gegen den Scheitelpunkt gerichtet. Nach dem 18. December wurden die Beobachtungen schwierig, und sein Kern war überhaupt nicht besonders glänzend.

Nach *Brandes* Rechnungen war der Schweif am 13. November 23° 56′, am 24. 25° 53′ zurückgebogen; am 19. findet er 24° 3′ bei einer Länge des Schweifes von

5¼ Mill. Meilen; am 23. nur 14° bei 5 Mill. Länge. Am 28. bemerkte man noch einen kürzeren und beträchtlich stärker (41°) zurückgebogenen Nebenschweif, 3 Mill. Meilen lang; von jetzt an verminderte sich die Länge der Schweife, während sich ihre Breite scheinbar verstärkte, denn der Komet entfernte sich von der Sonne und näherte sich gleichzeitig der Erde. Die Zurückbiegung blieb sich nicht ganz gleich. Am 1. December 26° 30′, am 2. 33° 20′, am 10. 32° 20′ bei einer Schweiflänge von 9 Mill. Meilen am 30. sogar von 9½ Mill. — Wahrscheinlich ist diese anomale Zunahme keine wirkliche, sondern einer grösseren Heiterkeit unserer Luft zuzuschreiben. Denn oft hat man wahrgenommen, dass die Länge der Kometenschweife gleichsam augenblicklich um Millionen von Meilen zunahm, was doch wohl keine andere Erklärung zulässt, als dass eine schnell eintretende grössere Aufheiterung gestattet habe, die äussersten, vorher nicht wahrnehmbaren Theile des Schweifes zu sehen. Am 5. Januar 1578 ist die Länge 6½ Mill., die Zurückbiegung 13° 45′; am 12. Januar finden sich 2 Mill. und 23°; von hier ab geben die Beobachtungen nur noch an, dass er sich bis zum allmäligen Verschwinden verkürzte.

1580. (30.) *Moestlin* in Tübingen entdeckte ihn am 2. October; ausserdem ward er noch von *Hagecius* in Prag und *Tycho* in Uranienburg und Helsingburg beobachtet. Die Wahrnehmungen des letzteren sind die zuverlässigsten; *Pingré* giebt sie im Detail. Doch sind mehrere nur von seinen Schülern und Gehülfen. Die Bahn hat *Pingré* nur auf die eigenen Beobachtungen *Tycho's*, die vom 10. October anfangen, gegründet. Aus den Angaben über den Schweif lässt sich wenig folgern. Für den 26. October findet *Brandes* 16° 30′ Zurückkrümmung und 1¼ Mill. Meilen Länge; er war klein und unscheinbar.

1582. (31.) 2 Kometen. Ueber den ersten besitzen wir nichts als die unvereinbaren und überhaupt unzuverlässigen Angaben *Santucci's*, die kein anderes Resultat ergeben, als dass er im März am Morgenhimmel sichtbar war. — Der zweite, No. 31. der Tafel, ist von *Tycho* zwar mit der von ihm gewohnten Sorgfalt und Genauigkeit, aber nur am 12., 17. und 18. Mai beobachtet; seine Lichtschwäche, sowie die zunehmende Helle der Nächte, verhinderte weitere Wahrnehmungen. Am 12. Mai Länge

des Schweifs $4^3/_4$ Mill. Meilen; Zurückkrümmung 42°. Am 17. Mai Länge des Schweifs $1^3/_4$ Mill. Meilen, Zukrümmung 33°. Die rasche Abnahme des Schweifs ist wohl meistens eine optische.

Von hier ab sind alle Data, auch die der Tafel, nach dem neuen Kalender zu verstehen.

1585. (32.) Landgraf *Wilhelm* von Hessen und sein Hofastronom *Rothmann* (beide befanden sich an verschiedenen Orten) entdeckten ihn am 18. October, 10 Tage später sah ihn *Tycho* und er ward von ihm und *Rothmann* bis zum 22. November beobachtet. Klein und unscheinbar, ohne Bart und Schweif, etwa der Praesepe an Glanz vergleichbar. Nur am 30. October und 1. November zeigte sich die schwer zu erkennende Spur eines kurzen Schweifes.

1590. (33.) Vom 5.—17. März von *Tycho* beobachtet. Er war mittlerer Grösse und streckte seinen langen Schweif gegen das Zenith empor. *Tycho* sah ihn in einer Nacht (am 5. März) von $4^1/_2$—7° scheinbarer Länge wachsen; er war stets der Sonne direct entgegengesetzt. Obgleich er der Erde sehr nahe kam, erschien er doch nicht besonders glänzend, gehört also in die Zahl der kleinen Kometen, die leicht unbemerkt bleiben können. *Halley's* Bahn ist auf *Tycho's* Beobachtungen vom 5.—16. März gegründet.

1593. (34.) *Tycho* sah ihn nicht. Die Beobachtungen seines Schülers *Johannes Ripensis* zu Zerbst reichen vom 4. August bis 3. September. Sein Radius astronomicus war keiner der besten; dennoch scheint er ein seines Meisters würdiger Beobachter gewesen zu sein. *De la Caille* hält die Bahn, die er aus seinen Angaben ableitete, für ziemlich sicher. Von seinem Schweife (4° am 4. August) war schon in der Mitte des Monats wenig mehr zu sehen.

1596. (35.) Ein ziemlich heller Komet, gleich einem Sterne dritter Grösse, doch nur mit schwachem Schweife. Er hat den Berechnern viel Mühe gemacht. *Santucci's* Angaben sind auch hier verworren und widersprechend; *Rothmann's* sind sicherer, doch wenig genau; *Tycho* war auf einer Reise begriffen und konnte erst am 27. Juli, zehn Tage nach der Entdeckung, ihn beobachten und dies bis zum 12. August fortsetzen. *Pingré's* Rechnung ist auf *Tycho's* Beobachtungen allein gegründet.

1607. (19.) Rückkehr des Halley'schen Kometen (vierte gewisse Erscheinung.) *Kepler*, *Longomontanus* und *Harriot* beobachteten ihn und *Halley* hat die Bahn mit ziemlicher Genauigkeit bestimmen können. Er erschien nicht besonders glänzend und namentlich war sein Schweif sehr klein, was wohl darin lag, dass er der Erde lange Zeit vor seinem Perihel wieder verschwand. Wie 1456 und 1532 war auch diesmal sein Schweif nur unbedeutend rückwärts gekrümmt. Länge desselben (nach *Brandes* Rechnung)

am 27. September 310000 Meilen.
28. - 400000 -
7. October 1300000 -

1618. (36. 37.) In diesem Jahre erschienen 2, nach Anderen 3, ja selbst 6 Kometen. Doch ist nur von zweien, No. 36. und 37. der Tafel, die Erscheinung vollkommen bestätigt.

Den ersten kleineren berechnete *Pingré* nach *Kepler's* Beobachtungen. Am 1. September konnte ihn *Kepler* seiner Lichtschwäche wegen nur mit Mühe beobachten; als er später grösser und heller ward, verkürzte sich sein Schweif. Letzte Beobachtung am 23. September.

Der zweite, wiewohl nicht zu berechnen, ist gleichwohl wahrscheinlich echt. Man sah in Mitteleuropa anfangs nur seinen Schweif, denn der Kern blieb unter dem Horizont. Auch in Persien hat man ihn gesehen und er muss ziemlich gross gewesen sein.

Der dritte ist ein ausgezeichnet grosser und schöner Komet und von allen damaligen Astronomen fleissig beobachtet worden. *Kepler*, *Longomontan*, *Gassendi*, *Schikard*, *Harriot*, *Rhodius*, *Cysatus*, *Snellius* liefern Data zur Berechnung, natürlich von sehr verschiedener Güte. *Bessel* hat die zuverlässigeren ausgewählt und scharf reducirt; seine Bahn ist demnach allen übrigen vorzuziehen und unter No. 28. aufgeführt. *Brandes* hat zahlreiche Angaben über Länge und Richtung des Schweifes gesammelt und berechnet. Er findet seine Länge am 29. November $5\frac{1}{2}$ Mill. Meilen, am 9. December $9\frac{3}{4}$ Mill. Am 27. November zeigte er 10° Zurückkrümmung, am 30. schon 22° 50′, am 2. December 37° 47′ und am 9. sogar 56° 11′, wobei jedoch die anfängliche Richtung in der Nähe des Kometenkopfes ganz oder nahezu eine der Sonne entgegengesetzte war. Folglich war der Schweif convex gegen die Seite, wohin sich der Komet

bewegte. – Am 7. December 8^h Abends ging die Erde, nach *Bessel's* Berechnung, durch die Ebene der Kometenbahn, und dieser Moment war geeignet, die Frage zu entscheiden, ob der Schweif gleichfalls in dieser Ebene lag. *Cysatus* merkt in der That, dass er an diesem Tage nicht bogenförmig, sondern gerade ausgestreckt erschienen sei, und alle übrigen Umstände berechtigen zu dem Schlusse, dass die Ebene der Curve, welche der Schweif bildete, mit jener der Kometenbahn zusammenfiel. *Cysatus* Zeichnungen scheinen ziemlich genau zu sein, und *Brandes* findet aus ihnen, dass sowohl Länge als Krümmung des Schweifes, doch gewöhnlich beide gleichzeitig, bald zu- bald abnahmen, und z. B. von $6^2/_5$ Mill. und $40^0\ 2'$ (am 16. December) schon am folgenden Abend wieder auf $7^2/_5$ Mill. und $51^0\ 20'$ gewachsen waren. Am letzteren Abende finden sich für die Breite des Schweifes 200000 Meilen. Am 28. und 29. December finden sich sogar 9 Mill. Meilen Länge und selbst noch mehr, wenn man die Strahlenschlüsse, die momentan wahrgenommen wurden (Aufheiterungen unserer Atmosphäre) hinzurechnen wollte. Die letzte Beobachtung ist vom 16. Januar, wo der Komet 32 Mill. Meilen von der Sonne und 16 von der Erde stand, und ergiebt 3 Mill. Meilen Länge des Schweifes.

1647. Dieser kleine, in Preussen und Holland gesehene Komet verschwand zu schnell, als dass seine Bahn aus den wenigen und nicht sonderlich genauen Beobachtungen bestimmt werden könnte. Der Schweif soll 12^0 Länge gehabt haben.

1652. (38.) Grosser, aber bleicher, unscheinbarer und kurzgeschweifter Komet. Legt man *Hevel's* Beobachtungen als die muthmaasslich besten zum Grunde, so geht hervor, dass er am 18. December, dem Tage seiner Entdeckung, schon 36 Tage über sein Perihel hinaus war. Dies erklärt hinreichend die geringe Grösse seines Schweifes. Von 2 Mill. Meilen Länge, die er anfangs zeigte, hatte er sich am 26. December schon auf $^1/_2$ Mill. vermindert. Zurückgebeugt war er wenig oder gar nicht. *Brandes* findet zwar einige kleine Abweichungswinkel, aber mit zu geringer Sicherheit.

1661. (39.) Auch dieser Komet wurde erst gesehen, als er schon durch seine Sonnennähe gegangen war, und blieb stets beträchtlich weit von der Erde entfernt. Sowohl *Halley's* als *Méchain's* Bahn gründet sich auf *Hevel's* Be-

obachtungen; die letztere ist deshalb vorzuziehen, weil sowohl die Reductionselemente zu *Méchains* Zeiten besser bekannt, als auch die Rechnungsmethoden schärfer geworden waren. Man sah ihn vom 3. Februar bis 28. März, aber seine Stellung war zu ungünstig, um sehr in's Auge zu fallen, und sein von der Erde abgewandter Schweif ward noch weniger bemerkt. — Wollte man die Identität dieses Kometen mit dem von 1532 und vielleicht auch dem von 1402 auch jetzt noch als entschieden ansehen (wie *Pingré* und *Struyck* gethan), so müsste angenommen werden, dass er 1789 oder 1790, der gespannten Erwartung ungeachtet, unbemerkt vorübergegangen sei, und nach der Lage der Bahn ist dieses allerdings möglich. Die Monate, in welche das Perihel 1662 und 1531 fiel, waren der Sichtbarkeit von der Erde aus günstig; wenn er aber etwa im Jahre 1790 in der Mitte September durch sein Perihel ging, so hatte er vor derselben, im Juni, Juli und August, eine starke südliche Breite, und konnte in den hellen Dämmerungsnächten den europäischen Astronomen entgehen, nach dem Perihel aber stand er fast immer hinter der Sonne und war der ganzen Erde unsichtbar.

1664. (40.) Dieser Komet setzte viele Beobachter und noch bei weitem mehr Schriftsteller, in Bewegung. *Lubienitzky* hat über ihn allein einen ganzen Quartband geschrieben, der freilich für unsere Zwecke sich auf einige Seiten reducirt. Er soll zuerst in Spanien am 17. November entdeckt worden sein. Da man jetzt schon anfing, Fernröhre bei der Betrachtung anzuwenden (bisher hatte man sie zur Betrachtung einzelner Weltkörper, aber nicht direct zur Ortsbestimmung angewandt), so konnte er, der dem blossen Auge schon im Anfang Februars verschwand, noch bis zum 20. März beobachtet werden, wodurch die Bahn einen hohen Grad von Sicherheit im Vergleich zu den bisherigen erlangt hat. Zu Anfang stand er fast in Opposition mit der Sonne, und überdies die Erde nahezu in der Ebene seiner Bahn, deshalb ward von seinem Schweife wenig wahrgenommen; aber seit dem 18. December nahm die scheinbare wie die wahre Länge desselben beträchtlich zu. Von 4 Mill. Meilen wuchs er bis zum 26. auf 15 Mill. Daher hatte die anfangs sehr beträchtliche Zurückbiegung sich vermindert. Nun folgte rasche Abnahme: am 9. Januar 3 Mill.; am 2. Fe-

bruar 1½ Mill. Für den 28. December ergiebt die Rechnung:

Durchmesser des Kometen	23000	Meilen
Breite des Schweifes	182000	-
Länge - -	14 Mill.	-

Nach *Hevel* erschien er an diesem Tage breit und gespreizt, wie eine Pfauenfeder, und nur etwa doppelt so lang als breit; eine Folge der Stellung gegen die Erde.

1665. (41.) Der vorige Komet war kaum verschwunden, als man diesen (zu Aix) am 27. März entdeckte. Er konnte vor dem Perihel und in einer sehr günstigen Stellung gegen die Erde beobachtet werden. Der Kern hatte nach *Hevel's* Messungen am 8. April 680 Meilen, seine Nebelhülle 24000 Meilen Durchmesser, und der nur wenig zurückgebeugte Schweif war 2800000 Meilen lang. Später stieg die Länge bis auf 6 Mill. am 8. April, nun aber eilte der Komet rasch der Sonne zu, und es war keine Beobachtung nach dem 20. April, wo nur eine schwache Spur des Schweifes sichtbar war, mehr möglich.

1668. (42.) In Europa konnte man meistens nur den langen Schweif dieses Kometen sehen, da der Kopf unter dem Horizonte blieb. Den kleinen und unscheinbaren Kopf sah man in Brasilien, Ostindien u. a. O.; Beobachtungen, aus denen eine Bahn gefolgert werden könnte, sind nicht in hinreichender Anzahl und Güte vorhanden. Nur kurze Zeit war er im März sichtbar und nur etwa 3 Tage lang hell glänzend. Dieser Komet dürfte identisch mit dem grossen von 1843 sein. Nicht allein stimmen die Beschreibungen, besonders was den grossen glänzenden Schweif und den äusserst unscheinbaren Kopf betrifft, in beiden Erscheinungen auffallend überein; auch die für 1843 berechnete Bahn schliesst sich den freilich nicht sehr genauen Oertern für 1668 gut an. Fortgesetzte Untersuchungen werden uns hierüber näheren Aufschluss geben.

1672. (43.) Zu la Flèche von den Jesuiten entdeckt am 16. März, von *Hevel* aber schon am 2. März, und bis zum 21. April von letzterem beobachtet. Dem blossen Auge blieb er nur kurze Zeit sichtbar.

1676. Dass ein Komet in diesem Jahre erschienen und von *Fontaney* in Nantes vom 14. Februar bis 9. März im Eridanus und dem Hasen beobachtet worden sei, scheint

keinem Zweifel unterworfen; allein eine Bahnberechnung ist nicht möglich.

1677. 1678 u. s. w. (44. 45.!) Von hier an häufen sich die teleskopischen Kometen so sehr, dass nur wenig Jahre ohne Kometenerscheinungen vorübergehen. Die Elemente ihrer Bahn enthält die Tafel, und ausserdem bieten sie nur wenig Eigenthümliches dar, daher von jetzt ab nur die wichtigeren Erscheinungen bemerkt werden sollen.

1680. (46.) Dieser berühmte Komet, über dessen Bahn die treffliche Preissschrift von *Encke* (Zeitschrift für Astronomie) nachzusehen ist, wurde am 14. November von *Gottfried Kirch* in Koburg entdeckt, als er sich zu einer Marsbeobachtung anschickte. *Hevel's* berühmtes Observatorium war kurz vorher durch eine Feuersbrunst gänzlich zerstört worden; gleichwohl hat er ihn, so gut er konnte, beobachtet. Auf diese und die Flamsteed'schen, Newton'schen und Cassini'schen Beobachtungen hat *Encke* seine Bahn gegründet. Sie zeigt mit völliger Evidenz, dass der Komet am 17. December nur 122500 Meilen vom Mittelpunkt, also nur 30000 von der Oberfläche der Sonne entfernt war. In dieser ungemeinen Nähe musste er die Sonne unter einem Winkel von 96° im Durchmesser, d. h. 32400 mal (der Fläche nach) grösser als wir erblicken, auch ein um so viel stärkeres Licht und — soweit dies von der Sonne abhängt — um so viel mal grössere Wärme empfinden; gleichwohl ist er nach wie vor Komet geblieben, denn die Beobachtungen, die nach dem Perihel bis zum 18. März reichen, haben uns keine aussergewöhnliche Veränderung an ihm wahrnehmen lassen. Die Rechnung zeigt uns ferner, freilich mit einem geringen Grade der Genauigkeit, dass er im Aphelio 853,3 Erdweiten, d. h. 17000 Mill. Meilen, mithin 140000 mal weiter als im Perihelio, von der Sonne entfernt sei. Für seine Bewegung folgt im Perihelio in 1 Sekunde 53 Meilen, im Aphelio 10 Fuss. Extreme wie diese hat man noch bei keinem anderen Kometen gefunden. Die Umlaufszeit stellt sich am wahrscheinlichsten auf 8814 Jahre; die Unsicherheit dieser Periode ist begreiflicher Weise sehr gross, doch kann sie in keinem möglichen Falle, wie man früher annahm, 575 Jahre sein.

Sein ungeheurer Schweif von mindestens 180° scheinbarer Länge ward an mehreren Orten früher als der

Kopf gesehen, dabei war er schmal, langgestreckt und gerade: seine wahre Länge muss sich auf mindestens 10 Mill. Meilen erstreckt haben.

Dieser Komet ist es, welcher zuerst den Pastor *Dörfel* zu Plauen im sächsischen Voigtlande auf eine richtige Vorstellung von der Gestalt der Kometenbahnen geführt hat. Nach ihm beschreiben sie „Parabeln, in deren Brennpunkt sich das Centrum der Sonne befindet.“ In der That sind, wie bemerkt, fast alle elliptischen Kometenbahnen von der Parabel wenig verschieden. Es ist ganz unglaublich, welch' eine Masse von wunderlichen Vorstellungen früher über diesen Punkt geherrscht hatte. Die Wahrheit, unendlich einfacher als jene Hypothesen, hat ihnen, in der wissenschaftlichen Welt wenigstens, mit Einem Schlage ein Ende gemacht.

1682. (19.) Rückkehr des Halley'schen Kometen. *Picard*, *Lahire* und *Hevel* beobachten ihn seit dem 26. August, später auch *Maraldi* zu Paris und *Flamsteed* zu Greenwich. Er erschien in starkem Glanze, obgleich er dem von 1680 nicht gleich kam.

1686. (49.) Dieser Komet, dessen Schweif bis zu 18° scheinbarer Länge anwuchs, ward anfangs nur in den südlichen Gegenden der Erde gesehen: zu Amboina, Siam, Brasilien, im August. Den europäischen Astronomen wäre er beinahe entwischt, wenn nicht ein Bauer aus der Umgegend von Leipzig ihn am 16. September entdeckt und bis zum 22., freilich ziemlich roh, beobachtet hätte. Indess banachrichtigte er am 17. *Gottfried Kirch* von seiner Entdeckung, der hierauf einige genauere Bestimmungen am 18. und 19. machte. Aus diesen und 4 Beobachtungen des *P. Richard* zu Pau hat *Halley* die Bahn berechnet, die freilich an Genauigkeit sich mit den meisten übrigen um diese Zeit ausgeführten nicht messen kann.

1689. (50.) Man sah in Europa und zu Peking den langen gekrümmten Schweif eines Kometen vom Horizont heraufsteigen, aber nicht den Kometen selbst. Die Beobachter, welchen der letztere sich zeigte (in Ternate, Pondichery, Malacca), sahen ihn die Sternbilder des Centauren und des Wolfes durchlaufen und fanden seinen Schweif im Maximo (am 22.) gegen 60° lang. *Duhalde* zu Peking verfolgte die Bewegungen des ihm zu Gesicht kommenden Schweifstücks. *Pingré's* Versuch einer Bahn gewährt nur geringe Sicherheit.

1695. (51.) Mit ihm hat es eine ähnliche Bewandtniss wie mit dem vorigen. Er konnte nur in südlichen Ländern beobachtet werden, und hier sind die Data wenig genau. *Noel* in Macao sah nur einen Theil des Schweifes, und dieses Stück war am 2. November 15°, am 4. und 5. 30°, am 6. 40° lang. Aber auch die Beobachtung in Surate, S. Anna, der Bai Todos Santos in Brasilien, wo man den ganzen Kometen sah, sind so roh und schwankend, dass *Pingré* nichts aus ihnen herausbringen konnte. Die Bahn No. 41. von *Burckhardt* ist aus einer später aufgefundenen Handschrift, welche die im Depôt de la Marine niedergelegten Beobachtungen *Delisle's* enthält, berechnet worden.

Von den Kometen der nächstfolgenden Jahre war nur der zweite von 1699 (53.) in nördlichen Gegenden dem blossen Auge sichtbar, in südlichen Gegenden mehrere. Im Februar 1702 muss sich in der Nähe des südlichen Himmelspoles ein grosser und glänzender Komet gezeigt haben. Diesseits des Wendekreises sah man ihn Anfangs gar nicht und später nur einen Theil seines Schweifes. Er darf mit dem in der Tafel aufgeführten (55.) (dem zweiten von 1702) nicht verwechselt werden. Für letzteren liegen nur Beobachtungen vom 28. April bis 5. Mai vor.

1707. (57.) Dieser Komet ist wegen seiner fast senkrecht auf der Ekliptik stehenden Bahn merkwürdig. Sollte er einst am 28. November sein Perihel erreichen, so wird er gegen Ende Oktober der Erde sehr nahe kommen, und dann kann er einige Nächte hindurch einen prachtvollen Anblick gewähren. Bei dieser Erscheinung ward er vom 25. November bis 23. Januar beobachtet.

1708. 1717. Beide nur ein einziges Mal gesehen, demnach nicht zu berechnen. Der erstere muss sehr gross gewesen sein, da er neben dem Monde und in der Nähe des Horizonts auch dem blossen Auge sichtbar war, doch ist es nicht ganz gewiss, ob hier von einem wirklichen Kometen die Rede sei.

1723. (59.) Gut sichtbar und unter Anderen von *Bradley* beobachtet. Die ausgezeichnete Genauigkeit dieses trefflichen Astronomen hat sich auch hier bewährt, denn die stärksten Abweichungen erreichen noch nicht eine Minute.

1729. (60.) Unter allen uns bekannten Kometen derjenige, welcher in seinem Perihel am weitesten von der Sonne entfernt blieb. Nur bei noch 5 Kometen überschreitet

das Perihel die Marsbahn, und der entfernteste derselben (der von 1747) kommt doch der Sonne noch auf 49 Mill. Meilen nahe, während dieser 84 Mill. Meilen entfernt bleibt, und also selbst im Perihel der Jupitersbahn näher steht, als irgend einer anderen planetarischen Bahn. Er ward vom Pater *Sarabat* in Nismes am 31. Juli entdeckt, als seine Distanz von der Erde 65 Mill. Meilen betrug, und diese war fast auf 90 Mill. Meilen gestiegen, als *Cassini* am 18. Januar 1730 ihn zuletzt beobachtete. Kein Komet, selbst der von 1811 nicht ausgenommen, konnte bis in diese Fernen verfolgt werden, woraus man schliessen muss, dass er in der Wirklichkeit der grösste von allen, die jemals der Erde zu Gesicht kamen, gewesen sei. *Cassini* hat ihn 44 mal mit grosser Genauigkeit beobachtet und ihn noch Ende Januars, aber zu schwach, wahrgenommen. In dieser langen Zeit hatte er gleichwohl nur 21° seiner wahren heliocentrischen Anomalie zurückgelegt, weshalb es grosse Schwierigkeiten machte, die Bahn scharf zu bestimmen. *Burckhardt* hat dies in der Connoissance des Temps 1821, mit Anwendung aller analytischen Hülfsmittel der neueren Zeit, ausgeführt und zwei Bahnen berechnet, deren eine hyperbolisch ist, von der aber die zweite parabolische sich nur wenig entfernt. — Er zeigte, wie dies auch kaum anders zu erwarten war, keinen Schweif, war überhaupt dem blossen Auge unsichtbar und äusserst lichtschwach. In Bezug auf seine etwanige Wiederkehr bemerkt *Struyck*, dass diese nur in der Gegend des Delphins und Adlers, wo sich sein Perihel befindet, erwartet werden könne.

1737. (61.) Die Bahn dieses Kometen hat *Bradley* nach seinen eigenen, zu Oxford vom 26. Februar bis 2. April angestellten, sehr genauen Beobachtungen berechnet. Man sah ihn an vielen Orten mit blossen Augen. Am 5. März bedeckte er, nach *Whiston* den Stern ν im Wallfische. Er ist nicht zu verwechseln mit einem zweiten Kometen dieses Jahres, der bloss in China gesehen wurde und dessen Bahn *Daussy* berechnet hat.

1739. (63.) Lange Zeit in Europa gesehen, doch nur von *Zanotti* in Bologna vom 28. Mai bis 18. August beobachtet.

1742. (64.) Schon am 5. Februar am Cap der guten Hoffnung gesehen, aber in Europa zuerst in Irland von *Grant* entdeckt; ein grosser und ziemlich heller Komet.

1743. (65.) Diesen Kometen hält *Clausen* für identisch mit

dem dritten von 1819 (No. 122.), und giebt ihm eine Umlaufszeit von etwa 6¾ Jahren. Indess konnte er nur unvollkommen beobachtet werden. *Margaretha Kirch* bestimmte am 7. Januar seinen scheinbaren Durchmesser zu 18′, also etwas mehr als der scheinbare Mondhalbmesser.

1744. (67.) Diesen prachtvollen Kometen entdeckte *Klinkenberg* in Harlem am 9. December 1743 um 9^h Abends, nördlich vom Widder in der Nähe des Triangels. Einige Personen, welche besonders scharfe Augen hatten, konnten ihn am Tage wahrnehmen, wenn sie sich gegen die Strahlen der Sonne deckten. An seinem grossen und glänzenden Kopfe wollen einige Beobachter eine Axendrehung bemerkt haben. Zuverlässiger ist eine andere von *Heinsius* mit einem ausgezeichnet schönen Fernrohr gemachte sorgfältige Beobachtung. *Heinsius* sah nämlich vom Kerne des Kometen aus nach der Sonne zu zwei kleine flammenartige, breite, gekrümmte Strahlen, die nach Art eines Fächers auseinanderstanden, und sich ihre convexen Seiten zuwandten. Es schien, als ob die Lichtbüschel sich noch weiter abwärts von der Richtung zur Sonne herüberkrümmten und so in den Schweif übergingen. Nach dem Januar zeigte sich dies noch deutlicher. Die Fläche, von der die Flammen ausgingen, war breiter, sie nahm fast die ganze der Sonne zugewandte Hälfte des Kernes ein, und in der Zeichnung, welche *Heinsius* über diesen Kometen am 4. Februar giebt, zeigt sich unverkennbar, dass die Zurückkrümmung dieser Flammenbüschel den Schweif des Kometen bildete. Die Mittellinie der beiden Büschel ging zwar in der Regel, doch keinesweges immer der Sonne zu. Am 31. Januar zeichnet *Heinsius* den Kometen so, dass einer der Büschel der Sonne zu-, der andere mehr von ihr abgewandt ist. Erst in neueren Zeiten haben diese Beobachtungen durch Vergleichung mit dem Halley'schen Kometen, der 1835 eine ähnliche, von allen Astronomen bemerkte, nur etwas weniger augenfällige Erscheinung darbot, zu höchst wichtigen Resultaten geführt, indem *Bessel* es wahrscheinlich gemacht hat, dass eine wirkliche Ausströmung vom Kometen aus stattgefunden habe.

1748. (79. 70.) Es wurden im Mai zwei Kometen gleichzeitig mit blossen Augen gesehen: der eine hoch im Norden, der andere hellere, jedoch schweiflose, im Westen.

Der letztere machte Schwierigkeiten, da *Klinkenberg* ihn nur dreimal (19., 20., 22, Mai) beobachten konnte. *Struyck* versuchte dennoch die Bahn zu berechnen: *Bessel*, der die Beobachtungen schärfer reducirte, findet sie beträchtlich anders als jener.

1758. (72.) Schon am 26. Mai von *La Nux* auf der Insel Bourbon gesehen, in Europa aber erst später betrachtet. Man sah ihn zu London schwach in der hellen Dämmerung am 18. Juni, eben so in Dresden am 25. und 27. Juli. Endlich beobachtete ihn *Messier* vom 15. August bis 2. November. Seiner günstigen Stellung gegen die Erde ist diese lange Sichtbarkeit zuzuschreiben.

1759. (19.) Die berühmte im Voraus angekündigte Wiedererscheinung des Halley'schen Kometen. *Halley* selbst hatte schon vorhergesagt, dass seine nächste Erscheinung sich, besonders wegen der Jupiters- und Saturnsstörungen, im Vergleich zu der von 1682, um mehr als ein Jahr verzögern werde. *Clairaut* unternahm eine genauere Berechnung; sie war, zumal in ihrer damaligen Form, ungemein mühsam und weitläufig. Fast ein Jahr rechnete er und die geschickte Astronomin Madame *Lepaute* so eifrig, dass sie sich kaum die Zeit zu einem einfachen Mittagsessen nahmen, und sie fanden, dass der Komet am 13. April 1759 durch sein Perihelium gehen werde. Doch fügte *Clairaut* hinzu, dass die Unsicherheit der Planetenmassen, die bei der Berechnung — nothgedrungen, um nur fertig zu werden — übergangenen kleinen Nebenglieder der Störungsgleichungen und vielleicht noch die Wirkung eines unbekannten, jenseit des Saturn kreisenden Planeten den bestimmten Zeitpunkt vielleicht um einen Monat unsicher machen könnten. Man war allgemein in der gespanntesten Erwartung.

Am 25. December 1758 fand *Palitzsch*, ein wohlhabender und in der Astronomie nicht unerfahrener Bauer zu Prohlis bei Dresden, der ein gutes Fernrohr besass, einen neblichten Stern, den er für den erwarteten Kometen hielt*). Er benachrichtigte davon den Dr. *Hoff-*

*) In mehrere astronomische Schriften ist die falsche Nachricht übergegangen, *Palitzsch* habe den Kometen mit blossen Augen entdeckt. Dies ist irrig: er beobachtete mit einem 8 Fuss Focallänge haltenden, ziemlich starken Fernrohr, war auch in der Theorie der

mann, und der Komet ward nun in Dresden und Leipzig beobachtet. Noch war er dem blossen Auge nicht sichtbar. *Messier* hatte fast ein Jahr lang schon nach ihm gesucht, und nachdem er ihn endlich, ohne von der Entdeckung in Deutschland etwas zu wissen, am 21. Januar 1759 auffand, untersagte ihm sein Vorgesetzter *Delisle* auf's Bestimmteste jede Mittheilung darüber, selbst an die Astronomen zu Paris. So war er genöthigt. allein zu beobachten, und er setzte dies bis zum 13. Februar fort, wo er, dem Perihel entgegengehend, in den Strahlen der Sonne verschwand.

Nach dem Perihel (was in der Nacht vom 12. zum 13. März eintrat) sah ihn zuerst *La Nux* auf Bourbon am 26. März, und *Messier* am 31. wieder. Jetzt endlich erlaubte der kleinlich eifersüchtige *Delisle* die Bekanntmachung der Messier'schen Beobachtungen (die dieser auch augenblicklich bewirkte), als die Wiedererscheinung längst bekannt und der Komet an vielen Orten beobachtet worden war. Vom 22. bis 28. April war seine südliche Declination zu stark, um den mitteleuropäischen Sternwarten Beobachtungen zu gestatten; am 28. kam er wieder zum Vorschein und ward nun bis zum 4. Juni, wo *Messier* ihn aus dem Gesichte verlor, zu Paris und an vielen Orten beobachtet. Die ganze Dauer seiner teleskopischen Erscheinung umfasste demzufolge (die Unterbrechungen mitgerechnet) 161 Tage; dem freien Auge war er nur kurze Zeit vor und nach dem Perihel deutlich sichtbar.

Eine Aufzählung seiner Beobachter wäre fast identisch mit einer Namenliste sämmtlicher damaligen Astronomen. Nur die nordeuropäischen, in Russland, Schweden, England, sahen wenig von ihm. *Messier's* Beobachtungen sind allen anderen vorzuziehen, und *Rosenberger* hat bei seiner äusserst scharfen Berechnung, wobei selbst die Störungen während der Dauer der

Sternkunde kein Fremdling, und berichtete seine Auffindung sogleich an die Dresdener Astronomen, ohne sich bestimmt darüber auszusprechen, dass es der Komet sei, indem er die Entscheidung den Sachverständigen überliess. Dem braven *Palitzsch*, dem kein eifersüchtiger Astronome Royal den Ruhm der ersten Entdeckung zu rauben vermochte, gebührt also auch der nicht geringere einer — unter astronomischen Dilettanten leider immer seltener werdenden — zurückhaltenden und ruhig abwartenden Bescheidenheit.

Sichtbarkeit nicht vernachlässigt sind, ihnen das volle Gewicht beigelegt.

An Glanz stand der Komet der Erscheinung von 1682 nach, nicht an Länge seines Schweifes. Ueber diesen haben wir aus der Zeit, wo er sich der Erde am besten zeigte, aber in Europa wenig oder gar nicht gesehen werden konnte, folgende Angaben:

April 21.	8°	*La Nux*	auf Bourbon.
- 28.	25	-	-
Mai 1.	33	-	-
- 5.	47	-	-
- 14.	19	-	-
April 30.	10°	*Coeurdoux*	in Pondichery.

(Die Interpolation aus den Angaben von *La Nux* ergiebt für diesen Tag 30°, ein Beweis, wie verschieden zwei Beobachter den gleichen Gegenstand schätzen können.) Vom 4. Juni 1759 bis 5. August 1835, d. h. von *Messier's* letzter, bis zu *Dumouchel's* erster Beobachtung der nächstfolgenden Erscheinung, verflossen 76 Jahre 62 Tage. Die Beobachtungszeit in dieser Erscheinung umfasst demnach nur den 162. Theil der Umlaufszeit.

Noch zwei Kometen sind in diesem Jahre aufgeführt; beide wurden zwar erst im Januar des folgenden gesehen, sie gehören aber ihrem Perihel nach zu 1759. Der erstere war fast nur teleskopisch, der zweite hingegen erschien, wiewohl nur kurze Zeit, auch dem blossen Auge und durchlief am Tage seiner Entdeckung, wo er der Erde sehr nahe stand, in 2 Stunden 2° 25' eines grössten Kreises am Himmel. Er war, vom Perihel kommend, der Erde entgegen gegangen und stand wenig mehr als eine Million Meilen von ihr.

1763. (76.) Unter den Kometen nach 1759 machte dieser kleine den ersten Berechnern, *Pingré* und *Lexel*, viel vergebliche Mühe. Sie konnten weder eine Parabel noch eine Ellipse finden, welche den Beobachtungen *Messier's* genügte. *Burckhardt* fand, dass die zum Grunde gelegten Sternpositionen sehr fehlerhaft waren, und dass nach Verbesserung dieser Oerter sich eine gut übereinstimmende Bahn finden lasse.

1766. (79.) Ein sehr ähnlicher Fall. Dieser vor dem Perihel von *Messier* und *Helfenzrieder* beobachtete Komet erschien nach dem Perihel wieder, doch ohne über den Horizont Mitteleuropa's sich zu erheben. Dagegen beobachtete ihn *La Nux* aufmerksam, nur leider mit sehr unvollkommenen

Hülfsmitteln, und *Pingré* konnte diese Beobachtungen nicht mit den europäischen zu einer Bahn vereinigen. Deshalb versuchte *Burckhardt* (Conn. des temps 1821) eine elliptische Bahn, welche die Oerter vor und nach dem Perihel ziemlich gut vereinigt, aber freilich eine Umlaufszeit von nur 5,02545 Jahren giebt, wobei es doch sehr auffallend erscheinen muss, dass man ihn seitdem in 18 Perihelien nicht wieder gesehen hat. Die Annahme, dass seine Bahn durch Störungen gänzlich verändert worden sei, ist nicht wohl statthaft, denn von Jupiter (dem Hauptstörer der Kometen) blieb er sowohl in den nächsten als in den foldenden Aphelien stets sehr weit entfernt; in anderen Punkten der Bahn kommt er nur Mars und den kleinen Planeten zuweilen nahe, doch diese können nie bedeutend einwirken, und so wäre zwar eine Verzögerung oder Beschleunigung von einigen Tagen, nicht aber ein gänzliches Ausbleiben, zu erwarten gewesen. Ueberdiess war der Komet bis zum 12. Mai dem blossen Auge sichtbar, und nach *Burckhardt's* Berechnung musste er eine kleine Reihe von Umläufen hindurch nahe dieselbe Stellung gegen Erde und Sonne bei der Rückkehr haben. Es scheint demnach nicht, dass wir die Ellipticität dieses Kometen näher kennen gelernt haben.

1769. (80.) Ein schöner grosser Komet. *Messier* entdeckte ihn am 8. August und beobachtete ihn bis zum 1. December. Er entfaltete besonders gegen die Mitte des Septembers einen äusserst prachtvollen Schweif. In den tropischen Gegenden, wo die Heiterkeit des Himmels bei weitem die unsrige übertrifft, fand man ihn bis über 90° lang. Man vergleiche z. B. folgende Angaben:

28. Aug.	7°	*Maskelyne*
	17	*Messier*
	19,5	*Pingré, Fleurieu, La Nux*
9. Sept.	43°	*Maskelyne*
	55	*Messier*
	60	*La Nux*
	75	*Pingré, Fleurieu*
11. Sept.	90°	*Pingré*
	97,5	*La Nux.*

Diese sämmtlich von geübten und sorgfältigen Beobachtern herrührenden Angaben zeigen deutlich, welchen grossen Einfluss die Heiterkeit der Atmosphäre auf die Länge des Schweifs hat. Noch mehr wird dies bestä-

tigt durch die von *Pingré* und *Fleurieu* deutlich wahrgenommenen Strahlenschüsse, die plötzlich, wie bei Nordlichtern, eintreten, und den Schweif momentan um zehn und mehrere Grade verlängern. — Der Kopf des Kometen war gleichfalls sehr gross und die Nebelhülle sehr stark glänzend.

Die Krümmung des Schweifs ist gleichfalls sehr bestimmt wahrgenommen worden. Er war westlich gerichtet und seine Convexität nördlich. Einigemale bemerkten *Pingré* und *La Nux* am Ende des Schweifs eine wellenförmige Gegenkrümmung, beträchtlich kleiner als die erste, deren Convexität südlich gerichtet war. Der Komet hatte dadurch ganz das Ansehen einer grossen, durch die Luftströmungen mehrfach gebogenen Flamme. Diese Angaben sind durchaus zuverlässig, denn die Beobachter geben die Sterne an, durch welche und bis wohin der Schweif ging, und ihre Angaben lassen in Bezug auf Vollständigkeit und Bestimmtheit nichts zu wünschen übrig.

Nicht weniger als 18 Bahnen dieses Kometen sind berechnet worden, die übrigens alle sehr nahe mit einander stimmen. Damals, wo die Astronomen noch mehr als jetzt isolirt waren, berechnete gewöhnlich jeder ausschliesslich seine eigenen Beobachtungen. 4 von diesen Bahnen, die von *Asclepi*, *Pingré*. *Lexel* und *Bessel*, sind elliptisch, die übrigen Astronomen legen eine Parabel zum Grunde. Mit Ausschluss aller übrigen ist in der Tafel die Bessel'sche aufgeführt worden; ihre Vorzüge sind zu gross und entschieden, als dass die Wahl hätte zweifelhaft sein können. Nach ihr wird der Komet im Jahre 3789 zurückkehren, und er entfernt sich in seinem Aphelio, was im Jahre 2779 eintritt, 319 mal weiter als die Erde von der Sonne, also 6300 Mill. Meilen.

1770. (81.). Kein einziger unter allen Kometen hatte bis dahin den Berechnern so schwierige Räthsel dargeboten als dieser. Man war gewohnt (und dies Verfahren ist auch noch jetzt in den meisten Fällen das richtigste), jede Bahn zuerst parabolisch zu berechnen, denn noch nie hatte sich eine so starke Ellipticität gezeigt, dass nicht, bei nur einmaliger Erscheinung, die Parabel mit den Beobachtungen zu einer im Ganzen befriedigenden Congruenz hätte gebracht werden können. Bei diesem Weltkörper nun zeigte sich die völlige Unmöglichkeit einer Parabel so schlagend, dass *Pingré*, *Prosperin*, *Widder* u. A. nach einer Menge von fehlgeschlagenen Versuchen auf den Gedanken geriethen: die grosse Nähe,

in welche der Komet am 28. Juni zur Erde gekommen (36000 Meilen), möge seine Laufbahn gänzlich verändert haben. Allein *du Séjour* zeigte, dass diese Wirkung, wenngleich bedeutend, doch die wahrgenommenen Unterschiede keinesweges erklären könne. *Lexell* in Petersburg versuchte deshalb eine Berechnung ohne anfängliche Hypothese über die Art des Kegelschnittes, und fand, dass eine elliptische Bahn, in welcher die mittlere Entfernung = 3,14786, und die Umlaufszeit 5 Jahr 7 Monat ist, allen Beobachtungen Genüge leiste. *Burckhardt* hat neuerdings bei schärferer Reduction der Beobachtungen dieses Resultat sehr nahe bestätigt gefunden; er erhält die mittlere Entfernung = 3,143462, die Umlaufszeit hingegen 5 Jahre 209,4 Tage. In neueren Zeiten haben *Clausen* und *Leverrier* nach strengeren und allgemeiner anwendbaren Formeln die Berechnung wiederholt und Alles so bestätigt gefunden, wie *Lexell* und *Burckhardt* es angeben. *Clausen* hat auch die Beobachtungen in der Erdnähe mit benutzt, die man früher wegen unvollkommener Störungsformeln nicht anzuwenden gewagt hatte.

Allein ist ein solches Resultat auch möglich? Wie kommt es, dass man ihn weder vor- noch nachher wiedergesehen hat, z. B. nicht im März 1776, noch im October 1781 u. s. w.? Er war allerdings, die wenigen Tage seiner grossen Erdnähe abgerechnet, nur teleskopisch; jedoch hat man schwächere Kometen gefunden und wiedergefunden — warum nicht diesen? Die Schwierigkeit hat sich auf eine eigenthümliche Weise gelöst. Am 27. Mai 1767 kam der Komet, der bis dahin eine ganz andere Bahn gehabt haben muss, nach Ausweis der Rückwärtsrechnung in der Lexell'schen Ellipse, dem Jupiter so nahe, dass die Wirkung dieses Planeten auf ihn momentan weit stärker als die der Sonne sein musste. Er ward also durch ihn in eine ganz verschiedene Bahn gelenkt, und dies ist die Lexell-Burckhardt'sche, in der er am 28. Juni 1770 der Erde so nahe kam, und am 13. August ein Perihel von 14 Mill. Meilen Distanz erreichte. In dieser Bahn kehrte er im März 1776 in der That zur Sonne zurück, jetzt aber stand die Erde in der entgegengesetzten Hälfte ihrer Bahn: er war also gegen 40 Mill. Meilen von ihr entfernt, und zwischen beiden stand die Sonne. Beides bewirkte, dass der Komet nicht gesehen werden konnte. Am 23. August 1779 kam er, nahe dem Orte, wo er vor 12 Jahren gestanden, dem Jupiter abermals noch weit näher, nämlich so nahe,

dass er zwischen diesem Planeten und der Bahn seines 4. Satelliten hindurchging. In dieser Nähe musste er vom Jupiter eine 24 mal stärkere Wirkung als von der Sonne erfahren, und *Laplace* hat gezeigt, dass er eine Veränderung der Bahn erlitt, bei welcher er künftig stets weiter als Ceres von der Erde entfernt bleiben muss, wonach also keine Hoffnung bleibt, ihn jemals wieder zu sehen. Das angeführte Beispiel ist das merkwürdigste in Bezug auf planetare Störungen, welche die Kometen erfahren.

1781. (91.) Zweiter Komet. Unter den nach 1770 erschienenen Kometen des 18. Jahrhunderts waren nur wenige dem blossen Auge sichtbar; zu diesen gehört der gegenwärtige. Doch währte dass nur kurze Zeit und war nur Folge seiner grossen Erdnähe. Am 9. November um 6½ Uhr Abends kam er dieser bis auf 5¼ Mill. Meilen nahe, ward nahe beim Pole der Ekliptik gesehen, zeigte einen 4° langen Schweif und eine 5 Minuten im Durchmesser haltende Nebelhülle. Ungünstige Witterung war den Beobachtungen und folglich auch der scharfen Bahnbestimmung sehr nachtheilig; *Méchain* verfolgte ihn vom 9. October bis 25. December. Es möge hier noch bemerkt werden, dass der im März d. J. entdeckte Uranus anfangs für einen Kometen gehalten und selbst in dieser Voraussetzung eine parabolische Bahn berechnet wurde, die sich freilich sehr bald als ungenügend erwies.

1784. (93.) Dieser Komet konnte in südlichen Gegenden vor seinem Perihel mit blossen Augen gesehen werden. *La Nux* fand ihn schon am 15. Dec.; in Paris sah man ihn erst am 24. Januar. Am 11. März verschwand er in den Sonnenstrahlen und ward nachher, doch schon in einer Entfernung von 30 Mill. Meilen, vom 9. bis 26. Mai gesehen. Seine wahre Grösse scheint hiernach nicht unbedeutend, und erscheint er einst in vortheilhafterer Stellung, so kann er einen ziemlich starken Glanz entfalten.

1786. (97.) Eine Entdeckung der berühmten Schwester *Herschel's*, *Miss Caroline*. Sie fand ihn am 1. August und gab *Maskelyne* davon Nachricht; er konnte bis zum 26. October gesehen werden. — *Miss Herschel*, die treue Gehülfin ihres Bruders, hat allein 9 Kometen entdeckt, und ihr mit ausgezeichneter Sorgfalt bearbeiteter Sterncatalog, so wie ihre übrigen Beobachtungen werden ihr stets einen ehrenvollen Platz in der Geschichte der Himmelskunde sichern. Sie starb am 9. Januar 1848 zu Hannover, der Geburtsstadt der Familie *Herschel*, in dem hohen Alter von 98 Jahren,

1793. (107.) Dieser von *Perny* am 24. Sept. entdeckte und bis zum 3. October beobachtete Komet muss eine ansehnliche Grösse haben, da er (freilich nur durch Teleskope) in einer so beträchtlichen Entfernung von Erde und Sonne gesehen ward. Die von *Burckhardt* berechnete elliptische Bahn hat einige Aehnlichkeit mit der von 1783, die gleichfalls durch eine Parabel nicht dargestellt werden konnte. Doch wird die Identität zweifelhaft durch die in Bezug auf seine heliocentrische Bewegung sehr kurze Zeit der Beobachtung in beiden Erscheinungen.

1807. (118.) Dieser grosse und schöne Komet, der alle seit 1769 gesehenen an Glanz übertraf (dem von 1811 indess nicht gleich kam), wurde am 9. September 1807 zu *Castro Giovanni* in Sicilien von den Augustinermönchen entdeckt. Mit dem 21. September beginnen die astronomischen Beobachtungen und gehen bis zum 27. März, wo *Wisniewsky* in Petersburg ihn aus dem Gesichte verlor. Er übertraf die Sterne zweiter Grösse, hatte einen lebhaft glänzenden und gut begrenzten Kern und einen schönen Doppelschweif, der in zwei Aesten mehrere Grade fortlief und einen dunklen Zwischenraum zwischen sich frei liess. Einer der Aeste war stark gebogen und die Convexität der Krümmung gegen den anderen gerichtet. Sein starker Glanz nahm indess bald ab und der Kern vermischte sich mehr und mehr mit der Nebelhülle. Schon im December war es schwierig ihn mit blossem Auge zu sehen, und im Januar zeigte ihn nur noch das Fernrohr. *Bessel* in Lilienthal suchte ihn noch den 29. Februar vergebens; in Petersburg war er zwar noch 4 Wochen länger sichtbar, doch ungemein lichtschwach. Zur Zeit der besseren Sichtbarkeit hatte der Kern 5 Sekunden Durchmesser. Nach *Bessel's* (Untersuchungen über die Bahn des grossen Kometen von 1807. Königsberg 1810) völlig scharfer Berechnung erreicht er in seinem Aphelio eine Entfernung von 5910 Mill. Meilen und braucht 1713,5 Jahre zu seinem Umlaufe. Werden dagegen die Störungen, die er nach seinem Perihel erfahren hatte, bis zum März 1815, von wo ab sie unmerklich werden, in Rechnung gezogen, so ergiebt sich (nach *Bessel*) eine Verminderung der Excentricität bis auf 0,99516151 und die nächste Wiederkehr ist schon in 1543,1 Jahren zu erwarten. Das Resultat lässt gegenwärtig noch eine kleine Verbesserung zu. *Bessel* berechnete die Störungen mit Planetenmassen, wie sie zur Zeit bekannt waren.

Seitdem aber hat unsere Kenntniss derselben erheblich gewonnen, und unsere jetzigen Zahlen für diese weichen von den früheren nicht unbedeutend ab. Namentlich hat *Bessel* die Jupitersmasse mit grosser Schärfe bestimmt und sie ist $= \frac{1}{1046,7}$, während man früher mit *Laplace* $\frac{1}{1070,5}$ annahm. Wenn man untersucht, was erhalten worden wäre bei einer Anwendung der Bessel'schen Masse, und bei diesem Ueberschlage von der Aenderung der übrigen Planetenmassen, so wie von den höheren Potenzen der Masse Jupiters absieht, so erhält man für die Dauer des gegenwärtig begonnenen Umlaufs 1540 Jahre. Allein da die kleinste Unsicherheit in der so schwer zu bestimmenden Excentricität immer eine sehr grosse Aenderung in der Umlaufszeit mit sich führt (bei dem gegenwärtigen Kometen ändert sich die Umlaufszeit um ½ Jahr, wenn man die 6. Decimale der Excentricität nur um eine Einheit ändert), so bleibt jedenfalls eine Unsicherheit von mehreren Jahrzehnden auch bei der schärfsten Rechnung zurück, und man kann also nur sagen, der Komet werde im Laufe des 33. Jahrhunderts unserer Zeitrechnung wiederkehren.

1808. Ein verlorener Komet. *Pons* hat ihn nur einmal (Febr. 6.) gut beobachten können, hernach zwar noch bis zum 9. gesehen, jedoch keine zur Bahnbestimmung dienlichen Beobachtungen erhalten. Er hatte etwa 1° Durchmesser, zeigte die matte Spur eines Kernes und war überhaupt höchst lichtschwach.

1808. (119.) Zweiter Komet. *Pons* entdeckte ihn am 25. März im Kamelopard (in welchem Sternbilde sonderbarer Weise d r e i Kometen dieses Jahrs entdeckt wurden). *Wisniewsky* in Petersburg sah ihn vom 29. März bis 2. April, wo er wegen Lichtschwäche verschwand. Diese letzteren Beobachtungen wurden aber erst 15 Jahre später in Deutschland in Rechnung gezogen und jetzt fand *Encke*, dass der Pons'sche und Wisniewsky'sche Komet einer und derselbe sei. Die Aehnlichkeit der Elemente mit denen des Kometen von 1797 ist, wie *Encke* bemerkt, sehr ungewiss.

1811. (122.) Dieser schöne Komet, der unter allen am längsten beobachtet worden, ist von *Flaugergues* am 26. März zuerst gesehen und vor der Sonnennähe in Europa bis zum 2. Juni beobachtet worden. Damals hatte er noch keinen bedeutenden Schweif entwickelt,

obwohl er schon dem freien Auge sichtbar war. Die vorläufig berechnete Bahn zeigte, dass er nach der Sonnennähe eine längere Zeit, und besser als das erste Mal, zu Gesicht kommen werde. Die Wiederkehr erfolgte am 20. August, worauf er sich der Erde mehr und mehr näherte und am 15. October in einer Entfernung von $25^1/_3$ Mill. Meilen ihr am nächsten stand. (Hätte er sein Perihel, statt Mitte September, zu Anfang des Februar erreicht, so wäre er im Juli und August noch ungleich schöner und grösser als diesmal zu Gesicht gekommen.) Sein Schweif, der eine Länge von 12 — 15 Mill. Meilen hatte, war etwas zurückgekrümmt und dadurch merkwürdig, dass er sowohl vom Kern als dessen Nebel völlig getrennt war und diesen in einem grossen Bogen umgab, so dass er eine Art von Conoid bildete, in dessen Brennpunkte der Kern des Kometen stand. Seine beträchtliche nördliche Declination begünstigte in den schönen Herbst- und Winternächten seine Sichtbarkeit. Gegen den 1. December stand er so, dass der Stern α des Adlers (1. Grösse) gleichsam seinen Kern zu bilden schien. Am 11. Januar sah man ihn zuletzt; nicht seine Lichtschwäche, sondern der Ort desselben in der Nähe der Sonne machte ihn unkenntlich. *Bessel* schloss aus dem bedeutenden Glanze, den der Komet, trotz der ansehnlichen Entfernung, in dieser zweiten Erscheinung entwickelt hatte, dass es — obgleich noch kein Beispiel in der Geschichte der Kometen - Astronomie dafür sprach — vielleicht gelingen könne, ihn im Sommer 1812 wieder zu sehen, wo er in Opposition und zugleich seinem niedersteigenden Knoten nahe sein werde, wenigstens in Gegenden, wo die Sommernächte hinreichende Dunkelheit haben. Diese Idee, obwohl meist sehr ungläubig aufgenommen und fast belächelt, verwirklichte sich, und zwar an einem Orte, wo man es nicht erwartet hatte. *Wisniewsky* in New-Tscherkask war so glücklich, ihn am 31. Juli aufzufinden und konnte ihn noch bis zum 17. August beobachten. So waren — die Unterbrechungen mitgezählt — 511 Tage seiner scheinbaren Bahn zur Berechnung gegeben. Als *Wisniewsky* ihn aus dem Gesichte verlor, war er gegen 80 Mill. Meilen von der Sonne und über 60 Mill. von der Erde entfernt, was nur von *Sarabat's* Kometen im Jahre 1729 übertroffen wird. Er zeigte sich zuletzt nur als höchst matter Ne-

belfleck ohne Kern und Schweif, wie es auch nicht anders erwartet werden konnte.

Die erste Vermuthung, dass er mit dem von 1301 identisch sei, wiederlegte sich schon durch die vorläufigen Rechnungen, und die Elemente zeigen auch keine Aehnlichkeit mit irgend einem früher gesehenen. Die vollständigste, nach aller Strenge unserer gegenwärtigen Methoden durchgeführte Berechnung der äusserst zahlreichen Beobachtungen dieses Kometen besitzen wir von *Argelander* (Untersuchungen über die Bahn des grossen Kometen vom Jahre 1811. Königsberg 1822.) Es gelang ihm nicht, alle Beobachtungen in eine und dieselbe Kepler'sche Ellipse so zu vereinigen, dass nur die noch wahrscheinlich zulässigen Fehler übrig bleiben. Er berechnete also 3 Bahnen, deren erste Anfang und Ende besser als die Mitte der beobachteten Bahn darstellte, die zweite sich mehr an die Mitte hielt, aber mit den Wisniewsky'schen Beobachtungen nicht wohl zu vereinigen war, und die dritte endlich allen Beobachtungen, nach ihren verhältnissmässigen Gewichten, so gut als möglich sich anschloss. (Wohl zu merken, dass es bei diesen Unterschieden sich immer nur um Secunden handelte, und dass sie gar nicht in Betracht hätten kommen können, wenn nicht so höchst genaue Beobachtungen vorgelegen hätten.) Die dritte, von *Argelander* als die wahrscheinlichste bezeichnete Bahn ist die folgende, wobei die Unsicherheit jedes Elements durch ± hinzugefügt ist.

Durchgang durch die Sonnennähe, mittl. Pariser Zeit

1811 September	12. 6^h 19′ 53″	±	82,″77	in Zeit
Länge des Perihels	75° 0′ 33″.926	±	3,″941	in Bog.
Länge des aufsteigenden Knotens	140 24 43, 952	±	1,610	-
Neigung der Bahn	73 2 21. 235	±	1.270	—
Kleinster Abstand	1,03542283	±	0,00000826	
Excentricität	0.99509330	±	0,00004276	
Umlaufszeit	3065,56 Jahre	±	42,85 Jahre	

Betrag der Störungen in Bezug auf die nächste Wiederkehr 177,0 Jahre (beschleunigend).

Die nächste Wiederkehr ist demnach zu erwarten 4700 n. Ch., oder wegen Unsicherheit der Elemente etwa ein halbes Jahrhundert früher oder später. Seine vorletzte Erscheinung würde beiläufig in die Zeit des

Argonautenzuges fallen, und sein Abstand in der Sonnenferne beträgt gegen 8700 Mill. Meilen, also = 14 Neptuns- oder 420 Erdweiten.

Vielleicht können dieser und ähnliche Kometen einer sehr späten Folgezeit das Mittel an die Hand geben, die Massen der näheren Fixsterne zu bestimmen. *α* Lyrae z. B. ist 780000 Sonnenweiten (nach ***Struve***) von uns entfernt. Ist nun die Masse dieses Sterns, wie sein Glanz vermuthen lässt, vielmal grösser als die Sonnenmasse, so kann er auf die Kometen von 1680 und 1811 in ihrem Aphelio Störungen ausüben, die ihre Wiederkehr merklich beschleunigen oder verzögern. Allerdings wäre dazu erforderlich, dass die Elemente des Sonnensystems vollständig bekannt wären, namentlich die Massen aller existirenden Planeten, die Gesetze der Bewegung und Dichtigkeit des widerstehenden Mittels, endlich die physische Natur der Kometen, da es höchst wahrscheinlich ist, dass, wenn die Länge und Richtung des Schweifs, die Nebelhülle u. dergl., Veränderungen unterworfen sind, diese Veränderungen nicht ohne Einfluss auf den Radius vector und folglich auf die Elemente der Bahn überhaupt, vor sich gehen können. Der Umstand, dass ***Argelander*** die allgemeinen Bewegungsgesetze nicht vollkommen genügend fand, die Bahn des Kometen von 1811 darzustellen, deutet auf solche physische Veränderungen hin.

1811. (123.) Zweiter Komet dieses Jahres, von ***Pons*** in Marseille am 15. November entdeckt und zuletzt von ***Olbers*** am 15. Februar beobachtet. Bei seiner bedeutenden Entfernung von der Sonne war der Umstand, dass er bald nach seiner Opposition in's Peribel kam, der Sichtbarkeit günstig; ein Schweif von einiger Erheblichkeit kann allerdings bei solchen Kometen nicht erwartet werden. Nach ***Nicolai's*** elliptischen Elementen wird er sich im Aphelio 3430 Mill. Meilen, also 5½ Neptuns- oder 165½ Erdweiten von der Sonne entfernen und nach 763½ Jahren wiederkehren, wobei indess die Unsicherheit sich auf mehrere Jahrzehende erstreckt. Mit dem von 1066 kann er nicht identisch sein, da dieser jedenfalls der Sonne 4—5mal näher kam und überdies rückläufig war.

1812. (124.) Auch dieser Komet gehört, nach ***Encke's*** sorgfältigen Rechnungen, zu denen, deren Ellipticität als

beiläufig bekannt angesehen werden kann. Er ist von *Pons* am 20. Juli entdeckt, bis Ende September beobachtet worden und war dem blossen Auge nicht sichtbar. Die Entfernung im Aphelio beträgt 690 Mill. Meilen (33½ Erdweiten) und die Umlaufszeit 70,684 Jahre. Es scheint indess nicht, dass er schon früher beobachtet worden, oder man müsste den von *Hevel* ziemlich unvollkommen beobachteten Kometen von 1672 dafür halten, dessen Elemente einige Aehnlichkeit mit denen von 1812 zeigen.

1815. (127.) Der *Olbers*'sche Komet. Er ist zuerst von *Olbers* am 6. März entdeckt und fast ein halbes Jahr hindurch beobachtet, zuletzt von *Gauss* am 25. August. Dem blossen Auge war er nicht sichtbar. *Nicolai*, *Gauss*, *Nicollet* und *Bessel* finden übereinstimmend eine Ellipticität von 0,9305 bis 0,9331. *Bessel*, der auch die Störungen während der Dauer der Erscheinung berücksichtigte, findet eine Umlaufszeit von 74,04913 Jahren und ein Aphelium von 34 Erdweiten (704 Mill. Meilen). In Bezug auf seine nächste Wiedererscheinung ist zu merken, dass er (gleichfalls nach *Bessel's* Rechnung) durch die planetaren Störungen 824½ Tag früher, nämlich schon 1887 am 9. Febr. 10 Uhr Abends Pariser Zeit sein Perihel erreichen wird, wobei er der Erde noch besser als diesmal zu Gesicht kommt. — Von den um 1740 und 1665 herum beobachteten und berechneten Kometen hat keiner Aehnlichkeit mit diesem.

1817. Am 1. November gleichzeitig entdeckt von *Olbers* in Bremen und *Scheithauer* in Chemnitz, von beiden aber später, wohl wegen zu grosser Lichtschwäche, nicht wieder gesehen und deshalb für Bahnberechnung verloren.

1818. (128.) Erster Komet. Er wurde am 26. December 1817 von *Pons* entdeckt und war äusserst lichtschwach. Von einem Schweife war nie, von einem Kerne erst seit dem 18. Januar eine schwache Spur; am 13. Februar erschien er deutlicher, doch fortwährend schlecht begrenzt. Im April vertrug er schon keine Fädenbeleuchtung mehr und es hatte fast das Ansehen, als löse er sich nach und nach auf.

1818. Zweiter Komet. Von *Pons* am 23. Februar im Wallfisch entdeckt. Die bis zum 27. Februar angestellten Beobachtungen aber sind, wegen zu grosser Lichtschwäche,

so mangelhaft ausgefallen, dass es nicht möglich war, die Bahn zu berechnen.

1818. (129.) Dritter Komet. Er war gleichfalls nur teleskopisch und ward vom 29. November 1818 bis zum 30. Jannar 1819 gesehen. Die Berechnung von *Scherk* und *Rosenberger* ergiebt eine hyperbolische Bahn; sie finden aber auch die Parabel so nahe übereinstimmend, dass kein Grund vorhanden ist, die Hyperbel als überwiegend wahrscheinlich zu betrachten.

1819. (130.) Erster Komet. Dieser durch sein plötzliches Erscheinen Aufsehen erregende Komet stand am 26. Juni 1819 in gerader Linie zwischen Erde und Sonne, und konnte deshalb, obgleich der Erde sehr nahe, nicht gesehen werden. In der Nacht vom 30. Juni zum 1. Juli ward er allgemein mit blossen Augen gesehen und zeigte, aus den Sonnenstrahlen hervortretend, einen beträchtlichen Schweif. Bald aber war er nur noch teleskopisch und im October verschwand er auch den Fernröhren. Zu bedauern ist es, dass er nicht im April und Mai, wo er in den südlichen Gegenden der Erde sichtbar sein musste, wahrgenommen worden ist; denn wäre seine Existenz und beiläufige Bahn am 26. Juni den Astronomen bekannt gewesen, so hätte es sich herausgestellt, ob ein Komet vor der Sonnenscheibe sichtbar ist.

1819. (131.) Zweiter Komet. Sehr lichtschwach und bloss in Marseille und Mailand vom 12. Juni bis 19. Juli gesehen. *Encke* findet, dass die Beobachtungen durch keine Parabel darstellbar sind, sondern eine Ellipse von 5,617763 Jahre Umlaufszeit erfordern, fast genau wie der folgende.

1819. (132.) Dritter Komet. Diesen von *Blanpain* am 28. November entdeckten und zuletzt in Mailand am 25. Januar 1820 beobachteten Kometen hält *Clausen* für identisch mit dem von 1743. Nach *de Vico's* Berechnung entfernt er sich in seinem Perihel 18½, im Aphel 112 Mill. Meilen von der Sonne und hat eine Umlaufszeit von $5^3/_5$ Jahren, fast wie der Lexell'sche Komet, mit dem er aber nicht identisch sein kann. Wahrscheinlich kann er nur in so günstiger Lage des Perihels, wie 1819 statt fand, gesehen werden; in der That ist er am 8. März 1858 von *Winnecke* in Bonn wieder entdeckt.

1821. (133.) Ward am 21. Januar gleichzeitig von *Nicollet* zu Paris und von *Pons* zu La Marlia entdeckt, und ward

in Europa nur vor dem Perihel bis zum 7. März, nach der Sonnennähe aber in Südamerika vom 1. April bis 3. Mai beobachtet. ***Rosenberger*** fand die Parabel vollvollkommen befriedigend; die Umlaufszeit muss also sehr gross sein, wenn die Bahn nicht wirklich parabolisch ist. Bei seiner Entdeckung war er sehr lichtschwach und ohne Kern, der Schweif ½ Grad lang, 2 Abende später schon 2 Grad. Im Februar war er kurze Zeit dem blossen Auge sichtbar, zeigte einen glänzenden Kern und einen Schweif von 7° Länge.

1822. (136.) Dritter (oder, mit Hinzurechnung des Encke'schen, vierter) Komet. Am 13. Juli von ***Pons*** entdeckt und in Europa bis zum 22. October, in Paramatta von ***Römkrr*** aber bis zum 11. November beobachtet. ***Encke*** hat versucht, die Bahn elliptisch zu berechnen; die europäischen Beobachtungen allein ergaben eine Umlaufszeit von 1554 Jahren und ein Aphel von 267 Erdweiten. Mit Zuziehung der Rümker'schen Beobachtungen wird jedoch Umlaufszeit und Entfernung noch beträchtlich vermehrt. Da ***Hansen's*** und ***Nicolai's*** parabolische Bahnen den Beobachtungen fast eben so gut entsprechen, so bleibt es sehr zweifelhaft, ob hier eine bestimmte Ellipse angenommen werden könne.

1823. (137.) Er ward in den letzten Tagen des Decembers von mehreren Personen mit blossen Augen gesehen, bevor die Astronomen ihn wahrnahmen. Die erste Beobachtung ist in Prag am 30. December gemacht. Die bis zum 28. März 1824 gehenden Beobachtungen liessen sich durch eine Parabel befriedigend darstellen. Merkwürdig war dieser Komet besonders dadurch, dass er vom 22.—31. Januar 2 Schweife zeigte, den kürzeren, aber helleren, von 4° Länge von der Sonne abgewendet, den längeren von 7° ihr zugewendet und mit dem ersteren einen stumpfen Winkel von etwa 160° bildend. Diese Erscheinung ist noch bei keinem Kometen so bestimmt und deutlich wahrgenommen, überhaupt ist sie nur bei sehr wenigen, und nur nach dem Perihel kurze Zeit hindurch gesehen worden.

1824. (139.) Von ***Scheithauer*** in Chemnitz den 23. Juli entdeckt, und bis zum 25. December zuletzt von ***Capocci*** in Neapel beobachtet. Er war wegen seiner grossen Lichtschwäche schwer zu beobachten, und die hyper-

bolische Form der Bahn, welche aus den Beobachtungen der ersten Monate hervorzugehen schien, fand ***Encke*** hernach nicht bestimmt angedeutet, da eine Parabel vollkommen genügte.

1825. (140.) Von ***Gambart*** am 19. Mai entdeckt und bis Ende Juni beobachtet. Er war sehr lichtschwach, nur eine kleine kern- und schweiflose Nebelmasse. Am ersten Abend bestimmte ***Gambart*** den Durchmesser des Nebels zu zwei Minuten.

1835. (155.) Diesen Kometen entdeckte ***Boguslawski*** zu Breslau am 20. April, als er sich schon wieder von der Erde und Sonne entfernte. Er zeigte sich nur als ein 3—4 Minuten im Durchmesser haltender schwacher Nebelfleck mit einem ziemlich undeutlichen helleren Punkte. Es gelang nicht, ihn über die Mitte des Mai hinaus irgendwo wahrzunehmen, und diese kurze Erscheinung, verbunden mit dem beträchtlichen mittleren Abstande, raubte schon im voraus die Hoffnung, eine Ellipticität zu erkennen. Die Parabel, welche ***Bessel jun.*** aus allen Beobachtungen entwickelt hat, stellt sie so gut dar, dass keine Andeutung einer Abweichung in bestimmtem Sinne gegeben ist.

1835. (19.) Wiedererscheinung des Halley'schen Kometen. — Schon seit dem Jahre 1829 waren die Analysten — insbesondere ***Burckhardt***, ***Pontécoulant***, ***Rosenberger*** und ***Lehmann*** — bemüht, durch die sorgfältigsten Störungsrechnungen seine Widerkehr möglichst genau zu fixiren. Sie fanden, dass das Perihel im November 1835 eintreten werde, wichen aber in Ansehung des Tages von einander ab. ***Burckhardt*** fand den 2.., ***Pontécoulant*** den 5. (oder nach einer späteren Revision seiner Rechnung den 19)., ***Rosenberger*** den 13., ***Lehmann*** den 28. November. Zugleich ergab sich, dass er vor seinem Perihel am besten sichtbar sein und der Erde bis auf 4½ Mill. Meilen nahe kommen werde. Bereits im Januar 1835 suchten einige Astronomen nach ihm, während die meisten sich für überzeugt hielten, dass er wegen zu grosser Entfernung noch nicht sichtbar sein könne. Am 5. August ward er zuerst von ***Dumouchel*** in Rom aufgefunden. Der eintretende Mondschein machte ihn bald wieder unsichtbar und erst gegen den 20.—22. sahen ihn auch die übrigen Astronomen, anfangs als schwachen Nebelfleck, nach und nach be-

stimmter. Es zeigte sich jetzt, dass das Perihel am 16. November Mittags stattfinden werde und dass *Rosenberger's* Rechnung, besonders auch in Beziehung auf die übrigen Elemente, die richtigste von allen gewesen. Gegen die Mitte September sah man ihn schon mit blossen Augen und sein Schweif entwickelte sich zusehends. Da indess sein stärkster Glanz — um die Zeit seiner Erdnähe — an Tagen fiel, die an den meisten europäischen Orten trübe waren, so fand sich das Publikum in seiner Erwartung eines besonders glänzenden Kometen ziemlich getäuscht. Er ward im November unsichtbar und erschien im Januar wieder, aber in sehr veränderter Gestalt und ohne merklichen Schweif, der vor dem Perihel eine Länge von 18° erreicht hatte. So beobachtete man ihn noch bis in den Mai, stets schwächer werdend und endlich spurlos verschwindend.

Das auffallendste und unerwartetste Phänomen bei seiner diesmaligen Erscheinung war eine fächerartige „Flamme", die vom Kern des Kopfes ausgehend und nach der Sonne zu gerichtet war, sich aber zu beiden Seiten nach aussen hin krümmte und so allmälig in den Schweif überzugehen schien. *Bessel*, *Schwabe* und *Struve* haben sorgfältige Beobachtungen darüber angestellt und aus den Wahrnehmungen des Ersteren folgt eine pendelartige Schwingung dieser Flamme, welche eine Periode von $4^2/_3$ Tagen hatte. *Bessel* ist geneigt, es als eine vom Kometenkopfe ausgehende Strömung einer hellen Materie anzusehen, welche Ausströmung, sich zu beiden Seiten rückwärts krümmend, den Schweif bildet. Aehnliches hatte man an dem grossen Kometen von 1744 beobachtet.

Eine Berechnung seiner diesmaligen Erscheinung hat uns *Santini* gegeben; von denjenigen Astronomen, welche die oben erwähnten mühsamen Vorausberechnungen ausgeführt haben, ist bis jetzt vergebens eine Fortsetzung dieser Arbeiten erwartet worden. Dagegen hat *Westphalen* eine sehr umfassende Berechnung dieser Erscheinung geliefert und die Frage untersucht, ob neben der Gravitation noch andere Kräfte auf die Bahn einen Einfluss ausgeübt hätten, welche Frage er verneinend beantwortet.

Laugier in Paris und *Hind* in London haben unter Zugrundelegung der neuern Berechnungen eine rückwärts schreitende Vergleichung mit frühern Erscheinungen an-

gestellt. In der folgenden Tafel sind die von ihnen angegebenen Perihelzeiten derjenigen Kometen aufgeführt, die sie für Erscheinungen des *Halley*'schen ansehen. Ungewisse Erscheinungen (wegen mangelhafter oder gänzlich fehlender Nachrichten) sind in Parenthese beigefügt. (Vgl. Monthly Notices publ. by the Astronomical Society, London, 1850 Januar.)

1835, 1759, 1682, 1607, 1532 die fünf letzten, hinreichend bekannten Erscheinungen.

1456 Jan. 8 22^h	nach	*Pingré*	(530) Nov.	nach	*Hind*
1378 Nov. 8 18^h	-	*Laugier*	451 Juli 3	-	*Laugier*
(1301 Oct. 22)	-	*Hind*	(373)	-	-
(1223 Juli)	-	-	295 Apr. Anf.	-	*Hind*
1145 April 19	-	-	218 Apr. 6	-	-
(1066 Apr. 1)	-	-	141 März 29	-	-
989 Sept. 12	-	-	66 Jan. 26 oder 65 Aug. 5	-	-
912 April Anf.	-	-	11 vor Chr. (der Komet des Augustus.)		
837 April	-	-			
760 Juni 11	-	*Laugier*			
(684 Oct.)	-	*Hind*			
(608)	-	-			

Sämmtliche Daten nach altem Julianischen Styl.)

Weiter rückwärts mit einiger Sicherheit zu gehen, ist nicht möglich. Auf Störungsrechnungen allein, ohne historische Anhaltspunkte, lässt sich für so entfernte Zeiten nichts begründen, was Kometenerscheinungen betrifft. Wir haben im Ganzen 25 Erscheinungen und darunter 17 gewisse; die Zwischenzeit für 24 Umläufe beträgt 1846 Jahr, was auf 76 Jahr 11 Monat für die mittlere Dauer führt. Die 6 letzten, genauer zu bestimmenden Umläufe gaben 76 Jahr 2 Monat; die 8 vorhergehenden 77 Jahr 3½ Monat. Es zeigt sich also, dass weder die Störungen noch ein sonstiges Agens (wie etwa der Widerstand des Aethers) eine constante Zu- oder Abnahme der Umlaufszeit bewirkt haben. Einzelne, freilich sehr unsichre, Umläufe haben 79 Jahr gedauert, und der grösste Unterschied steigt auf 4 Jahre. Man mag hieraus abnehmen, wie wenig eine blosse Datenvergleichung, ohne Zuziehung der Störungen, hier wie bei andern Kometen genügen könne.

1840. (156—159.) Die vier Kometen dieses Jahres sind sämmtlich in Berlin, und zwar die drei ersten von *Galle*, der letzte von *Bremiker* entdeckt worden. Sie waren sämmtlich teleskopisch, und besonders der dritte schwer

zu beobachten. Für den ersten besitzen wir eine genaue, aber ausschliesslich auf die Pulkowaer Beobachtungen basirte Bahnberechnung von *Peters* und *O. Struve*, welche hyperbolische Elemente gefunden haben. Die übrigen sind nur in der parabolischen Hypothese berechnet worden.

1842. (160.) Auch dieser von *Laugier* zu Paris entdeckte Komet war schwach und konnte nur kurze Zeit beobachtet werden; ein Schweif ward nicht an ihm wahrgenommen.

1843. (161.) Erster Komet. Er ward am 28. Februar am hellen Tage an vielen Orten gleichzeitig entdeckt. Zu Parma sah man, wenn man sich in den Schatten einer Mauer stellte, einen Schweif von 4—5" Länge. — *Amici* in Bologna fand ihn zu Mittag 1° 23' vom Centrum der Sonne östlich. Nach Osten zu erschien sein Schweif wie ein Rauch. In Mexico sah man ihn um 11 Uhr Mittags nahe bei der Sonne, mit einem südlich gerichteten Schweife. In den Minen von Calvo beobachtete ihn *Bowring* von Morgens 9 Uhr bis gegen Sonnenuntergang, und fand um 4 Uhr 12 Minuten Abends seinen Abstand von der Sonne = 3° 53' 20", seinen Schweif aber 34' lang. Auch zu Portland in Nordamerika ward er von *Clarke* mit freiem Auge und am hellen Tage, nahe östlich bei der Sonne, beobachtet.

Dieser beispiellose Glanz des in so vieler Hinsicht merkwürdigen Kometen scheint nur an diesem einen Tage statt gefunden zu haben, denn die folgenden Beobachter (*Darlu* in Copiapo am 1., *Wilken* unter dem Aequator am 4., *Decous* in Cuba am 5., *Caldecott* in Trevandrum seit dem 6. März und Andere) sprechen von keiner Tagesbeobachtung, sondern sahen den mächtigen Schweif des Kometen am Abend nach Sonnenuntergang. Gegen den 11. sah man ihn in Italien und dem südlichen Frankreich, seit dem 17. März fast überall diesseit des 54. Grades. Im höheren Norden konnte er nicht gesehen werden, und die Sternwarte Königsberg ist die nördlichste, welche Beobachtungen über ihn geliefert hat. Sein Glanz nahm schnell ab, und nach der ersten Aprilwoche verschwand er allen Beobachtern.

An vielen Orten sah man nur den Schweif, der 50—60 Grad lang war und eine Krümmung gegen S. zeigte, während der Kopf unter dem Horizonte blieb, oder in den Sonnenstrahlen verborgen war. Ueberhaupt aber schildern alle Beobachter nach der ersten Hälfte

des März den Kopf als äusserst unscheinbar im Vergleich zu dem imposanten Schweife.

Noch sind die Berechnungen seiner Bahn nicht zum Schlusse geführt, doch so viel ist gewiss, dass er am 27. Februar der Sonne näher als irgend ein anderer Komet, selbst den von 1680 nicht ausgenommen, gestanden habe. Die ersten vorläufigen Rechnungen von *Plantamour* und *Encke* gaben sogar eine Bahn, welche durch den Sonnenkörper führte. Jedenfalls ist die Excentricität nur äusserst wenig von der Einheit verschieden.

War es Folge dieser ungemeinen Nähe, dass der Komet 24 Stunden hernach einen Glanz entfaltete, wie ihn ausser der Sonne noch nie ein Weltkörper gezeigt hat? Und wie soll man es sich erklären, dass 2 Wochen später sein Kopf so unscheinbar und matt war, als hätte er, — nach *Bessel's* Ausdrucke — seine ganze Kraft in seinem Haarwuchse aufgeopfert?

Man hat eine Aehnlichkeit des Ansehens sowohl als Laufes mit dem Kometen von 1668, der gleichfalls im März plötzlich erschien, wahrnehmen wollen. *Clausen* glaubt auch in dem Kometen von 1689 den gegenwärtigen zu erkennen, so dass eine Umlaufszeit von 20 Jahren 10 Monaten herauskäme. Genauere Rechnungen werden die Sache entscheiden.

1843. (162.) Zweiter Komet. Entdeckt von *Victor Mauvais* zu Paris und nur teleskopisch. In höheren Breiten konnte er der zu hellen Sommernächte wegen nicht beobachtet werden.

1843. (163.) Dritter Komet, entdeckt von *Faye* zu Paris. Er wurde seit dem Anfange Decembers auf den meisten Sternwarten beobachtet und konnte, da er der Sonne fast gegenüberstand, leicht gefunden werden. Dem blossen Auge war er nicht sichtbar, im Fernrohr zeigte er eine kleine schweifähnliche Verlängerung und gegen die Mitte hin eine ziemlich unbestimmte Verdichtung. In Pulkowa ist er noch bis in den April hinein beobachtet worden. Seine Bahn ist elliptisch, und die Umlaufszeit zwischen 7 und 8 Jahren.

Dieser Komet ist seitdem schon zweimal wiedergekehrt. und hat *Leverrier's* Vorausberechnung glänzend bestätigt. Bei der zweiten Erscheinung war er schwer zu sehen. doch fand ihn *Challis* in Cambridge auf. Besser sah man ihn im September 1858 bei der dritten Erscheinung. Nach der Rechnung von *Axel Möller* in Lund zeigt er

eine ähnliche Verkürzung wie der Enckesche, nur noch beträchtlicher als dieser. — Unter allen uns bekannten Kometen hat er die geringste Excentricität.

1844. (165.) Abermals von *Mauvais* entdeckt und während des Sommers überall in Europa beobachtet. Er war einigermaassen dem blossen Auge sichtbar und zeigte deutlich einen kurzen Schweif.

1846. III. (171.) *Brorsen* (Student in Kiel) entdeckte im Anfang des Jahres einen Kometen, der nach *Brünnow's* Rechnung periodisch mit einer Umlaufszeit von 3 Jahren 6½ Monat hat. Es gelang nicht ihn 1851 wiederzusehen, dagegen fand ihn *Bruhns* 1857 wieder: er hatte zwei Umläufe in der Zwischenzeit gemacht. 1862 sah man ihn nicht wegen zu ungünstiger Stellung der Erde.

1847. I. (177.) *Russel Hind* in London entdeckte am 6. Februar einen anfangs nur teleskopischen Kometen, der aber bald einen starken Glanz entfaltete und ähnliche Erscheinungen zeigte, wie der von 1744 nach *Heinsius* Beobachtung. Am Tage des Perihels gelang es *Hind*, ihn ungeachtet des wolkigen Himmels am Mittag des 30. März zu erblicken.

Nach *Hornstein's* Berechnung ist er elliptisch, aber mit einer so grossen Excentricität, dass die Umlaufszeit sich auf einige Millionen Jahre stellen würde, so dass nichts verbürgt werden kann.

1847. V. (182.) Entdeckt von *Maria Mitchell* in Amerika, berechnet von *G. Rümker*. Er findet eine hyperbolische Bahn, bei der eine Wiederkehr nicht zu erwarten ist.

1849. I. (125.) Von *Goujon* entdeckt und von *Weyer* berechnet. Wie bei dem vorhergehenden hat sich auch hier eine hyperbolische Bahn ergeben.

1851. II. (188.) Von *d'Arrest* entdeckt und von *Villascan* als elliptisch erkannt. Die Rechnung hat sich bestätigt, denn nach 6 Jahren 143 Tagen kehrte er sichtbar wieder zum Perihel zurück. Bei der zweiten Erscheinung war *Brorsen* der Entdecker.

1859. (215.) Im Mai d. J. entdeckte *Tempel* in Marseille einen Kometen, der dem blossen Auge gut sichtbar war, bis in das Frühjahr 1860 hinein beobachtet wurde und

ähnliche Erscheinungen wie der Donatische darbot. Nach der Berechnung von *Hertzsprung* ist die Bahn hyperbolisch.

§. 183.

Der Encke'sche Komet. (96.)

Im Januar 1786 entdeckte *Méchain* diesen Kometen, konnte aber nur zwei gute Beobachtungen desselben gewinnen und folglich keine Bahn für ihn berechnen. Zehn Jahre später ward ein Komet von *Caroline Herschel* im Sternbilde der Leyer entdeckt und seine Bahn parabolisch berechnet. Eine dritte Entdeckung machte *Bouvard* 1805 und eine vierte *Pons* (und *Huth*) 1819. Jetzt kam *Encke* durch eine streng durchgeführte Rechnung auf das merkwürdige Resultat, dass diese 4 Kometen ein und derselbe seien, und dass ihm eine Umlaufszeit von nur 1208 Tagen, die kürzeste, welche je ein Komet gezeigt, zukomme. Aber noch merkwürdiger und unerwarteter war die Entdeckung, dass der Komet bei jedem Umlaufe, verglichen mit dem vorhergehenden, um einige Stunden zu früh durch seine Sonnennähe gegangen war. Duch alle nachfolgenden Erscheinungen — und keine einzige seit 1819 ist unbeachtet vorübergegangen — hat sich die Thatsache bestätigt. Zur Erklärung derselben nimmt *Encke* an, dass der Planetenraum nicht absolut leer, sondern mit einer überaus dünnen Materie angefüllt sei, welche dem Kometen — und allen Weltkörpern, die sich in ihm bewegen — einen Widerstand entgegensetze. Um zu erklären, weshalb noch bei keinem anderen Weltkörper eine derartige Wirkung sich gezeigt habe, erinnere man sich, dass nach dem oben Gesagten die Planeten und ihre Monde viele Millionenmal dichter als die Kometen sind und daher auch einen um so viel mal schwächeren Widerstand erfahren, der völlig unmerklich sein muss, und dass wir noch keinen Kometen ausser diesem „Encke'schen" kennen, dessen Wiederkehr so oft erfolgt ist — und so genau — auf Bruchtheile der Stunde — berechnet werden kann. Möglicherweise ist auch dieser Komet jener Einwirkung mehr als alle übrigen ausgesetzt. Ist nämlich dieses „widerstehende Mittel", wie doch als höchst wahrscheinlich angenommen werden muss, nach der Sonne zu stärker verdichtet, so wird ein Komet, der aus diesen sonnennahen Gegenden gar nicht herauskommt — sein Aphelium ist 84 Mill. Meilen — bei weitem stärker afficirt werden als ein anderer, der nur eine

kurze Zeit diese sonnennahen Gegenden besucht und in dem grössten Theile seiner Bahn von dieser Wirkung so viel als nichts empfindet. Ist *Encke's* Erklärung richtig — und es hat sich noch keine andere gefunden, welche im Stande gewesen wäre, die beobachtete Erscheinung eben so befriedigend darzustellen — so darf erwartet werden, dass sie sich im Laufe der Zeit auch bei anderen Kometen zeigen werde. Man sieht leicht, dass ein Komet mindestens in drei Erscheinungen, und zwar in allen höchst genau, beobachtet sein, und dass eben so die Berechnung, in Bezug auf alle Störungen, mit äusserster Schärfe durchgeführt werden müsse, wenn man hoffen will, so kleine Abweichungen mit Sicherheit zu erkennen und nachzuweisen. Bis jetzt sind diese Bedingungen nur allein beim Encke'schen erfüllt.

Es könnte befremdlich erscheinen, dass ein Widerstand, der doch zunächst hemmend und verzögernd einwirken muss, Ursache einer Beschleunigung der Umläufe sein soll. Allein indem die absolute Geschwindigkeit in der Bahn vermindert wird, während die Schwere unvermindert fortwirkt, muss, wie man leicht einsieht, eine stärkere Krümmung der Bahn die Folge sein. Der Komet wird also der Sonne mehr genähert, und in Folge dieses Näherkommens muss er — nach dem Gesetze der den Zeiten proportionalen Flächenräume — schneller seine Bahn zurücklegen. Diese indirecte Beschleunigung der Winkelbewegung überwiegt nun — wie hier allerdings nicht näher gezeigt werden kann — die directe Verlangsamung der absoluten Bewegung.

Ob dieser Komet — und alle übrigen — in Folge der erwähnten Einwirkung nicht zuletzt damit enden müssen, in die Sonne zu stürzen, diese Fragen zu beantworten ist offenbar noch zu früh. Beim Encke'schen Kometen ist bis jetzt — in 60 Jahren, innerhalb deren zwölf Erscheinungen beobachtet sind — die Wirkung des widerstehenden Mittels durch andere Störungen so compensirt worden, dass nur ein Schwanken zwischen gewissen Grenzen der mittleren Entfernung, nicht aber ein reelles successives Verkleinern der halben grossen Axe und Umlaufszeit stattgefunden hat, wie die Tafel dies nachweist. Noch sind wir weit entfernt, für Kometen eine Vorausberechnung auf Hunderte von Umläufen wagen zu können; noch kennen wir das widerstehende Mittel und die Art seiner Verbreitung viel zu wenig, um unter allen gegebenen Umständen darüber Rechnung tragen zu können. Die accelerirende Wirkung des widerstehenden Mittels beträgt jetzt etwa 6 Stunden für jeden Umlauf des Kometen; wollte man sie für

alle Zeiten gleichbleibend annehmen, so kann jeder Schüler berechnen, wann der Komet in die Sonne stürzen muss, — allein solche Schlüsse sind eben so werthlos als mühelos. — Das äussere Ansehen dieses Kometen bietet wenig Merkwürdiges. Er ist in den meisten Erscheinungen nur teleskopisch, zeigt in der Sonnennähe einen kurzen, nicht rückwärts, sondern seitwärts gerichteten Schweif und eine kernartige, ziemlich unbestimmte Verdichtung, und sein Durchmesser scheint sehr veränderlich zu sein.

§. 184.

Der Biela'sche Komet. (84.)

Von *Pons* am 10. November 1805 entdeckt. Er beobachtete ihn bis zum 9. December. Man vermuthete eine Identität mit dem Kometen von 1772, allein *Bessel* und *Burckhardt*, welche die Rechnung möglichst genau durchführten, sprachen sich gegen diese Identität aus. Dennoch hat sie sich später bestätigt. Herr *v. Biela*, ein eifriger Liebhaber der Astronomie, entdeckte 1826 einen Kometen und fand bald, dass er mit dem von 1806 identisch sei. Die Rechnungen ergaben $6^3/_4$ Jahre Umlaufszeit; er ist also seit 1806 zwei mal unbeobachtet zur Sonne zurückgekehrt, und zwischen 1772 und 1806 sind vier Erscheinungen unbeobachtet geblieben. Man berechnete nun seine Wiederkehr für 1832 November voraus. Sie traf ein, doch mit einer grösseren Abweichung, als man erwartet hatte, und bestätigte vollkommen die Identität der drei Erscheinungen. Diesmal wurde er mit grosser Aufmerksamkeit verfolgt, und die Beobachtungen von 1832 bilden daher bis jetzt die sicherste Grundlage weiterer Berechnungen. *Santini's* für 1839 gegebene Vorausberechnung zeigte deutlich, dass es unmöglich sein werde, ihn in diesem Jahre von der Erde aus zu sehen; die Richtung zum Kometen führte stets nahe bei der Sonne vorbei und er blieb gegen 40 Mill. Meilen von der Erde entfernt. Weit günstiger war seine Stellung 1846, wo er im Februar durch sein Perihel ging und schon im Spätherbst 1845 beobachtet werden konnte. Am vortheilhaftesten kam er im Februar und März 1846 den südlichen Gegenden unserer Erde zu Gesicht.

Dieser Komet ist es, der durch einen seltsamen Missverstand eine grosse Zahl der Erdbewohner unnöthigerweise in

Angst versetzte. Seine Bahn hat nämlich (gegenwärtig) eine solche Lage, dass er im Anfang Decembers der Erdbahn sehr nahe kommt, so dass die Nebelhülle, — von einem Schweife ist wenig bemerkt worden, — möglicherweise die Erdbahn berühren kann. die Erde selbst natürlich nur dann, wenn sie gleichzeitig in demselben Punkte steht. Dieser so handgreifliche Umstand aber ward von unwissenden Scribenten gänzlich übersehen. Bei den nächstfolgenden Erscheinungen dieses Kometen wird die Erde ebenso wie 1832 und 1846 von diesem Punkte weit entfernt bleiben. Mittlerweile aber wird die Lage des Knotens der Kometenbahn sich so stark geändert haben, dass jene Nähe auch in Beziehung auf die Erdbahn nicht mehr stattfindet. Es können also selbst Diejenigen, die von der unmittelbaren Nähe eines Kometen wirklich noch etwas besorgen, in Bezug auf den Biela'schen Kometen sich völlig beruhigen.

Die Berliner Academie setzte 1834 einen Preis auf die vollständige Berechnung dieses Kometen, in ähnlicher Weise durchgeführt, wie dies für den Encke'schen geschieht. Sie ist ungelöst geblieben; wahrscheinlich deshalb, weil die Berechner sich überzeugt hielten, dass noch nicht Data genug vorlägen.

Im Winter von 1845/6 kehrte dieser Komet, und diesmal ganz der Vorausberechnung gemäss, zur Sonnennähe zurück. Nachdem er etwa zwei Monate hindurch auf vielen Sternwarten beobachtet worden, zeigte er (etwa vom 25. Januar 1846 an) eine überaus merkwürdige Entwickelung; er theilte sich förmlich in zwei gesonderte Kometen von völlig gleichem Ansehen, und nur der Lichtstärke nach verschieden, so dass anfangs bald der eine, bald der andere der hellere war, bis nach einiger Zeit der nördliche an Licht beständig abnahm, während der südliche entschieden heller blieb. Dieser konnte deshalb auch länger beobachtet werden als der nördliche. Ihre scheinbare Entfernung von einander nahm allmälig zu, war aber auch zuletzt nicht so gross, dass man nicht beide Kometen in einem Gesichtsfelde von 20 Minuten Durchmessser gleichzeitig hätte sehen können.

Im Jahre 1852 kehrte der Komet als Doppelkomet wieder. Doch ist er nur an wenigen Orten, am besten in Rom (*Secchi*) und Pulkowa (*O. Struve*) beobachtet worden, da seine Stellung gegen die Erde viel weniger günstig war als 1846. Die Entfernung beider Kometen von einander war im Vergleich mit 1846 auf das Achtfache gestiegen.

Bei ihrer Wiederkehr 1859 sind die Kometen nicht aufge-

funden worden, wie dies die Vorausberechnung als wahrscheinlich erkennen liess. Am 4. Juni 1858 entdeckte Herr *Donati* in Florenz im Sternbilde des Löwen einen teleskopischen Kometen von langsamer Bewegung, die sich bald beschleunigte, und schon die ersten Versuche einer provisorischen Bahnbestimmung gaben zu erkennen, dass er sich der Erde wie der Sonne beträchtlich nähern werde, also auf einen lebhaften Glanz während einer kurzen Zeit gerechnet werden könne. Dies bestätigte sich: schon Ende Juli war er in mittleren Breiten dem blossen Auge sichtbar und vom Anfang September nahm er an Schweiflänge wie an Lichtstärke so rasch zu, dass er selbst den grossen von 1811 noch übertraf. Von der Sonne blieb er 12, von der Erde 11 Mill. Meilen entfernt. Am 5. und 6. October hatte sein Schweif 42° Länge, eine bedeutende Krümmung und einige Nebenschweife, gleichsam Zweige des Hauptsternes, so wie in der Mitte eine dunklere Spalte. Nach dem 14. war er im Norden, nach dem 18. auch im mittlern Europa nicht mehr sichtbar, da er sich rasch nach Süden wendete.

Die Ausstrahlung, die am Heinsius'schen 1744 und am Halley'schen Kometen 1835 wahrgenommen worden war, zeigte sich auch bei diesem Kometen in ausgezeichneter Deutlichkeit und Schönheit. Concentrische Lichtbögen, getrennt durch dunklere Zonen, zeigten sich auf der der Sonne zugewandten Seite, sie nahmen fortwährend an Ausdehnung zu, während die äussersten Bögen sich gleichzeitig verflüchtigten und verschwanden, und *Chacornac* hat nach einander 8 dieser Lichtkreise sich auflösen sehen. Zu verschiedenen Malen sah man Strahlen, vom Kopfe des Kometen ausgehend, diese Lichtkreise durchziehen. Der Kopf, am 16. September gegen 400 Meilen im Durchmesser, verkleinerte sich innerhalb drei Wochen bis zu 77 Meilen.

Für die Umlaufszeit hat man 2100 Jahre gefunden.

(Hierzu gehört die hinten angefügte Kometentafel.)

Achter Abschnitt.

Die Störungen.

§. 185.

Vermöge der unbedingten Gegenseitigkeit in der anziehenden Wirkung der Körper unseres Sonnensystems (und höchst wahrscheinlich des gesammten Universums) können weder die Bahnen selbst, was Gestalt, Grösse und Lage derselben betrifft, unveränderlich, noch auch die Oerter der einzelnen Körper in diesen Bahnen genau diejenigen sein, welche sie ohne eine solche Allgemeinheit des Gesetzes der Schwere, bloss durch die Wirkung zweier Körper aufeinander (z. B. der Sonne und eines Planeten) sein würden. Man ist also genöthigt, bei einer Berechnung der Oerter, wenn sie als Vorausbestimmung sich durch die Beobachtungen bewähren soll, auf diesen Umstand Rücksicht zu nehmen und die Anziehung aller Körper gleichzeitig in Rechnung zu ziehen, nur mit der für die Praxis nothwendigen Ausnahme derjenigen Weltkörper, deren Wirkung, sei es wegen Kleinheit ihrer Masse, oder wegen ihrer grossen Entfernung, als verschwindend angesehen werden kann.

In allen bis jetzt bekannten Fällen ist nun aber einer der in Betracht zu ziehenden Körper entweder durch seine vielfach (mindestens tausendfach) überwiegende Masse, oder durch seine grosse Nähe als Hauptkörper zu betrachten, und die Bewegungen um diesen Körper erfolgen also mindestens nahe eben so, als wirkte dieser allein, so dass die gesammte Wirkung der übrigen wenigstens nur kleine Unterschiede hervorbringt. Deshalb ist es in den meisten Fällen gestattet, die Berechnung so auszuführen, dass man zuerst den Ort, wie er durch die alleinige Wirkung des Centralkörpers sich ergeben würde, besonders bestimmt, und hernach die Wirkungen der übrigen Körper berechnet und sie dem zuerst gefundenen Orte hinzufügt (ihn verbessert). Hiernach findet in der Wirklichkeit nicht diejenige Einfachheit und Gleichförmigkeit statt, die sich ausserdem

zeigen würde, und dies hat Veranlassung zu der Benennung Störungen (Perturbationen) gegeben.

Es soll demnach durch diese Bezeichnung keinesweges eine Unordnung und Regelwidrigkeit angedeutet werden (ein Missverstand, der schon allein dadurch widerlegt und gehoben ist, dass man die Störungen nach eben so festen Regeln, wie die Bahnen selbst, im voraus berechnet), sondern man hat jene Wirkungen Störungen genannt, weil durch sie die einfach und leichter übersichtliche Ordnung in eine mehr zusammengesetzte und — in Bezug auf unser beschränktes Fassungsvermögen — verwickeltere Ordnung übergeht. Wählte man für sie die Benennungen Veränderung, Abweichung u. dgl., so wären diese theils zu allgemein, theils bezeichnen sie schon etwas bestimmt Anderes, und wir müssen daher jenen Namen als den zweckmässigsten beibehalten und eingedenk sein, dass Namen an sich weder erklären noch beweisen, sondern nur bezeichnen können.

Aehnliches gilt nun auch in Bezug auf die Benennungen störender und gestörter Körper. Da jeder Körper auf jeden anderen nach ganz gleichen Gesetzen wirkt, so können, absolut genommen, nicht zwei Klassen von Körpern, die dem obigen Gegensatze entsprächen, angenommen werden. Gleichwohl ist diese Unterscheidung wichtig, ja unentbehrlich in Bezug auf unsere Berechnungs- und Betrachtungsweise. Man berechne z. B. die Bahn der Erde. Hier ist die Sonne der Haupt-, die Erde der gestörte Körper; die störenden finden wir in den übrigen Planeten, wie Venus, Mars, Jupiter u. a. m., so wie in unserem Monde.

Dagegen wird sogleich die Erde zum störenden Körper, wenn wir etwa die Bahn des Mars berechnen, und zum Hauptkörper, wenn wir die unseres eigenen Mondes untersuchen. In letzterem Falle ist sodann die Sonne der störende Körper, so wie die übrigen Planeten. Ja die Sonne selbst kann zum gestörten Körper werden, wenn man die Wirkungen der Planeten auf sie, so wie (in Zukunft etwa) die der anderen Fixsterne, in besonderen Betracht ziehen wollte.

§. 186.

Nicht weniger relativ, als diese Benennungen selbst, ist auch die Eintheilung der Störungen in periodische und saeculäre, allgemeine und specielle u. s. w. Aehnlich wie die Hauptbewegungen, befolgen auch die Störungen gewisse Cyklen, so dass eine bestimmte einzelne Störung nach

Verlauf einer gewissen Periode in gleicher Art wiederkehrt, während sie im Verlaufe der Periode, innerhalb gewisser Grenzen, zu- und abgenommen hat. Sieht man beispielsweise die Ungleichheit der Tageslängen als eine Störung an (was sie freilich nicht ist), so ist ihr Cyklus ein Jahr, und während dieser Zeit hat sie alle Werthe, welche zwischen dem längsten und kürzesten Tage liegen, in gesetzmässiger Ordnung durchgemacht.

Nun aber sind diese Cyklen von ausserordentlich verschiedener Länge. Während nämlich einige und unter ihnen sehr beträchtliche, in wenigen Wochen, Monaten oder Jahren ablaufen, giebt es andere, welche Zehntausende und Hunderttausende von Jahren erfordern; ja es bliebe denkbar, dass es Störungen gäbe, die gar keinen Cyklus hätten, sondern stets in gleichem Sinne fortwirkten. Sehen wir von den letzteren, als einer bloss hypothetischen Möglichkeit, einstweilen ab, so kann es keinen wesentlichen Eintheilungsgrund darbieten, ob eine Periode 30 Tage oder 300000 Jahre umfasse. Allein einen sehr grossen Unterschied macht es in Beziehung auf unseren Calcul, denn eine Form der Berechnung, die für kürzere Perioden höchst bequem ist, kann für die langen sehr unbequem werden. Da nun Vorausberechnungen in ihrer ganzen Ausführlichkeit doch immer nur für einige Jahre oder Jahrzehende, selten Jahrhunderte, gemacht werden, so ist es nicht nöthig, eine für den ganzen Zeitraum geltende Form der Entwickelung anzuwenden, ja selbst ihre genaue Kenntniss kann einstweilen entbehrt werden, wo es sich um sehr lange Perioden handelt. Vielmehr giebt es ein leichteres, und gleichwohl eben so genau zum Ziele führendes Mittel.

Den Störungen von kurzen Perioden giebt man nemlich in der Regel die Form:

$$(1) \quad \ldots\ldots a \sin(mt) + b \sin(2mt) + c \sin(3mt) + \ldots\ldots$$

wo $abc \ldots$ gewisse unveränderliche Zahlen bezeichnen, m einen Winkel und t die von einem gewissen Anfangspunkte an verflossene Zeit ausdrückt, so dass $mt = 360^0$ wird, wenn die Hauptperiode abläuft.

Für längere Perioden wählt man dagegen die Form:

$$(2) \quad \ldots\ldots at + bt^2 + ct^3 + dt^4 + \ldots\ldots$$

wo wiederum a, b, c, d .... gewisse unveränderliche Zahlen (Constanten, Coefficienten), und t, t^2, t^3, t^4 .... die Zeit selbst und ihre Potenzen, bezogen auf eine gewisse Einheit (etwa das Jahrhundert), bezeichnen, und nennt nun die Stö-

rungen der ersten Form periodische, die der zweiten saeculäre.*)

Die Unterscheidung in allgemeine und specielle Störungen ist wieder nur eine solche, welche der möglichsten Bequemlichkeit der Berechnung wegen eingeführt ist. Bei einigen Körpern, namentlich den kleinen Planeten zwischen Mars und Jupiter und bei den Kometen, ist nämlich die Anzahl der in Perioden enthaltenen einzelnen Störungsglieder so gross und die Formeln selbst sind so verwickelt, dass es fast unmöglich fällt, sie der Strenge nach zu entwickeln, oder, wenn sie dies wären, anzuwenden. In solchen Fällen sieht man sich veranlasst, ein allerdings sehr beschwerliches und zeitraubendes, hier aber dennoch vorzuziehendes Verfahren zu befolgen, welches wesentlich darin besteht, die Störungen nicht nach Cyklen, sondern gleichsam Punkt für Punkt einzeln zu berechnen. Man verfolgt also z. B. einen Kometen durch seine ganze Bahn und betrachtet auf jedem Schritte die Wirkungen der einzelnen Weltkörper auf ihn. So mussten, um die Wiedererscheinung des Halley-schen Kometen 1835 mit Gewissheit und Genauigkeit vorherzusagen, in verhältnissmässig sehr kurzen Intervallen alle Oerter, die er auf seiner 76jährigen Reise (seit 1759) eingenommen hatte, einzeln untersucht und an jedem derselben die Wirkungen der störenden Körper angebracht werden; denn eine Entwickelung der allgemeinen Formeln, die, ohne Zuziehung der Zwischenörter, den Ort des Kometen für eine beliebig gegebene Zeit unmittelbar anzugeben, geeignet gewesen wären, hatte sich als unausführbar gezeigt, und überdies war mit Gewissheit vorauszusehen, dass, wenn auch die theoretischen Schwierigkeiten glücklich besiegt wären und alle Entwickelungen vollständig vorgelegen hätten, die Mühseligkeit der practischen Anwendung dieser Formeln noch unvergleichbar grösser gewesen sein würde, als selbst die specielle Berechnung der Zwischenörter jemals werden konnte. — Gleichwohl hat neuerdings *Hansen* es unternommen, die periodischen Störungsformeln so weit zu verallgemeinern, dass sie eine Anwendung auf Körper von beliebiger Excentricität und Neigung zulassen, und wir dürfen hoffen, wenigstens einen Theil der periodischen Kometen so wie der Planetoiden in Tafeln zu bringen,

*) Genau genommen können bei den letzteren a, b, c, d . . . nicht eigentlich constant sein; aber ihre Veränderlichkeit ist (eben der langen Periode wegen) so gering, dass man erst nach mehreren Jahrhunderten oder Jahrtausenden andere Werthe für sie anzunehmen braucht.

aus denen eben so, wie bei den Planeten, ein beliebiger Ort entnommen werden kann.

Nur setzen allerdings die Tafeln, wenn ihr Gebrauch gleichzeitig bequem und zuverlässig sein soll, eine scharfe Bestimmung sämmtlicher Bahnelemente, sowohl des störenden, als des gestörten Körpers, voraus, während die Berechnung der speciellen Störungen auch schon bei annähernd richtigen Bahnen mit Erfolg anzuwenden ist.

§. 187.

Eine andere Unterscheidung indess geht näher auf die Sache selbst ein und ist, allgemein betrachtet, von grösserer Wichtigkeit. Wie nämlich die Störungen nicht allein den Ort des Planeten in einer gegebenen Bahn, sondern auch diese Bahn selbst nach ihrer Form und Lage verändern und folglich an die Elemente selbst, aus denen man rechnet, angebracht werden müssen, so haben sie auch wiederum ihre Ursache theils in den einzelnen Oertern, welche die störenden Körper zu einer gegebenen Zeit einnehmen (in der Configuration des Planetensystems), theils in der allgemeinen Form, Grösse und Lage der Bahnen dieser Körper. Da nun der Ort eines Körpers in seiner Bahn sich unvergleichbar viel schneller ändert als diese Bahn selbst, so folgt, dass die Störungen, welche von den einzelnen Oertern unabhängig sind, im Allgemeinen viel längere Perioden haben, als die übrigen. Diejenigen Störungen, welche nur von der Form der Bahn abhängen, kann man sich so vorstellen, als wirkte die auf alle Punkte rings herum vertheilte Masse des störenden Körpers gleichzeitig. Blieben nun die Elemente des störenden Körpers selbst unverändert, so würden die davon abhängenden Wirkungen zwar bestehen, aber gleichfalls unveränderlich sein. Die Elemente der Bahn des gestörten Körpers wären alsdann zwar nicht nothwendig eben dieselben, die sie ohne den störenden Körper geworden wären; aber diese Abänderung selbst bliebe durch alle Zeiten gleich: man würde folglich mittlere Elemente haben, die fortwährend gültig blieben, so gut wie die ursprünglich als ganz ungestört gedachten. Allein jeder störende Körper ist zugleich ein gestörter und keine Wirkung ohne Gegenwirkung. Zudem involvirt, streng genommen, jede Veränderung des Ortes auch eine der Elemente, denn die letzteren sind ja nichts als das theoretische Ergebniss aus den einzelnen beobachteten Oertern. So sind also die Bahnen der störenden Körper selbst veränderlich, folglich auch die der

gestörten, d. h. alle Bahnen; und so können selbst die mittleren Elemente, in denen die einzelnen Ungleichheiten schon ausgeschlossen sind, doch nicht für alle Zeiten gelten. Diese Veränderungen der Elemente selbst sind es nun, für welche man den Ausdruck saeculäre Störungen angewandt hat; sie sind grösstentheils auch der Zeit nach saeculäre, doch giebt es unter ihnen einige, die schon in sehr kurzer Zeit ihre Periode durchlaufen, besonders bei den Mondensystemen.

Diejenigen aber, die nur von den jedesmaligen Oertern der Planeten, der störenden wie der gestörten, abhängen, werden sich nun auch hauptsächlich in einer Veränderung des Ortes eines Planeten oder Kometen aussprechen und schon nach kurzen Perioden, die meistens nach den Umlaufszeiten und ihren Differenzen sich richten, wiederkehren. Eine Berechnung derselben würde also am bequemsten nach der Form (1) durchzuführen sein und sie werden die eigentlich periodischen bilden.

Von einigen Störungen dieser letzteren Art sind die Perioden gleichwohl sehr lang und umfassen Jahrhunderte, selbst Jahrtausende. So hat z. B. die, welche zwischen Jupiter und Saturn gegenseitig besteht (die sogenannte grosse Gleichung), eine Periode von 930 Jahren. Sie ist nämlich abhängig von der 5fachen Länge Saturns, vermindert um die doppelte Länge Jupiters, und da die Umlaufszeiten beider Planeten sich (bis auf einen Unterschied von etwa 29 Tagen) wie 2 : 5 verhalten, so erreicht dieser Unterschied, wie eine leichte Rechnung zeigt, erst nach 930 Jahren die volle Grösse von 360 Graden, wenn er zu Anfang der Periode gleich Null war.

§. 188.

Sehen wir auf den Ursprung der Störungen, so finden wir noch eine Art, die zwar geringfügig scheint, bei näherer Untersuchung jedoch einen bedeutenden Einfluss offenbart. Sie hängt nämlich von der Gestalt der Weltkörper ab und würde, wenn letztere streng kugelförmig und zugleich homogen wären, nicht vorhanden sein. Die Anziehung einer homogenen Kugel (oder auch einer genau symmetrisch nach Innen zu verdichteten) kann nämlich so dargestellt werden, als sei die gesammte Masse im Mittelpunkte wirksam, obwohl die Gravitation in der That jedem Punkte der Materie inhärirend gedacht werden muss, und diese Beziehung auf den Mittelpunkt findet sowohl für den störenden als den gestörten Körper Anwendung. Anders jedoch verhält es sich

mit abgeplatteten Sphäroiden, wie Erde und Jupiter. Ein solches Sphäroid kann stets als aus zweien Theilen bestehend angesehen werden: der möglichst grossen homogenen Kugel, die sich aus ihm herausnehmen lässt, und der ungleich dicken, an beiden Polen offenen Schale, welche übrig bleibt. Die Kugel kann in Bezug auf diese Störungen als neutral betrachtet werden, nur dass sie sich als Last der Schale mit anhängt; letztere aber wird afficirt werden können, wenn nicht in einem besonderen Einzelfalle die verschiedenen Störungen sich gegenseitig zu Null aufheben. So wirken die Sonne, der Mond und die Planeten auf das Erdsphäroid und verursachen die Vorrückung der Nachtgleichen, die übrigens gegen 200 mal stärker sein würde, wäre jene Schale allein vorhanden. Bei der allgemeinen Gegenseitigkeit der Anziehungen wirkt aber auch das Erdsphäroid seinerseits auf andere Bewegungen, z. B. die des Mondes ein.

Man lasse, um bei demselben Beispiele zu bleiben, den Mond sich in der Ebene des Aequators um die Erde bewegen, so werden die in derselben Ebene liegenden Theile des Erdsphäroids ihrer Lage wegen den grössten Einfluss auf die Mondbewegung ausüben. Man lasse ihn in der darauf senkrechten Ebene sich bewegen, so wird jenes Maximum des Einflusses dem durch die Pole geführten elliptischen Durchschnitt angehören, in dessen Ebene sich der Mond bewegt. Dieser ist aber kleiner, als jener in der Ebene des Aequators liegende; der Mond erfährt also im Ganzen etwas weniger Wirkung als im ersten Falle, und wird sich langsamer bewegen. Kommt nun gleich unser wirklicher Mond weder in die eine noch in die andere dieser extremen Lagen, so verändert sich doch die Neigung seiner Bahn gegen den Erdäquator von 18¼ zu 28½, und ein Theil der obigen Differenz bleibt wirksam.

§. 189.

Wie die zweite und dritte Art der Störungen, in Vergleich zu den saeculären, nur mehr von einzelnen Zufälligkeiten abhängen, so können sie auch in ihren Wirkungen gleichsam als zufällige, vorübergehende Abweichungen betrachtet werden, und da sie überdies, wenigstens in allen uns bekannten Systemen, nur geringfügig sind, so ist von

ihnen nie etwas zu befürchten, was den Bestand des Ganzen gefährden, oder einzelnen Gliedern desselben den Untergang bereiten könnte, kein Zusammenstoss zweier Planeten, kein Herabstürzen eines Satelliten auf seinen Hauptplaneten oder eines solchen auf die Sonne; kein Hinausschlendern eines zum System gehörenden Körpers aus den Grenzen seines Gebietes in fremde Regionen. Sie sind überhaupt nur wichtig für die genauere Kenntniss und Vorausbestimmung der Oerter eines Himmelskörpers, so wie umgekehrt der Planeten- und Mondenmassen durch Vergleichung der Beobachtungen mit den Vorausbestimmungen; allein sie können übergangen werden; wenn man nur eine allgemeine Darstellung des mittleren Zustandes eines gegebenen Systems beabsichtigt.

Ganz anders verhält es sich nun aber mit den die Elemente selbst afficirenden Störungen, die gleichsam als Gesammtwirkung einer Bahn auf die andere zu betrachten sind. Ihre ungeheuer grossen Perioden, die in den meisten Fällen die historisch beglaubigte Dauer unseres Geschlechts weit übersteigen, machen es dem Forscher unmöglich, durch Beobachtungen allein zu ihrer Bestimmung zu gelangen: er ist in Beziehung auf sie ganz, oder doch hauptsächlich, an die Theorie gewiesen, er muss die feinsten und scharfsinnigsten Kunstgriffe der höheren Analysis anwenden, und gelangt damit doch häufig genug nur zu Ausdrücken und Formeln, die entweder unübersehbar verwickelt und weitläuftig, oder wenn einfacher und geschmeidiger, doch aus anderen Gründen nicht geeignet sind, das wahre praktisch anwendbare Endresultat herbeizuführen. Die Schwierigkeit wird nicht sowohl gehoben als auf ein anderes Feld hinübergespielt: man könnte das, was sich ergeben hat, unter gewissen Bedingungen ganz bequem anwenden, aber diese Bedingungen sind schwer, oder gar nicht zu erfüllen. Viel, zum Erstaunen viel, ist in unserer Zeit darin geleistet worden. Die Hoffnung, dereinst noch alle Schwierigkeiten auf rein theoretischem Wege gehoben zu sehen, ist keinesweges aufzugeben; wir rücken ihr vielmehr immer näher. Aber für beendet und abgeschlossen kann der hochwichtige Gegenstand noch keinesweges gelten, denn auch die Beobachtung hat noch sehr viel zu leisten: wir müssen die Massen selbst viel genauer als gegenwärtig kennen lernen, denn bis jetzt sind nur die des Jupiter, Saturn und der Erde etwa bis auf den 400—500sten Theil bekannt, in allen übrigen schwanken die Werthe noch so sehr, dass man z. B. neuerdings die bisher angenommene Merkurmasse auf etwa die Hälfte her-

absetzen musste. Hochwichtig nannte ich den Gegenstand dieser Untersuchungen, denn sie involviren die Frage:

> ob dem Planetensysteme, und folglich auch unserer Erde, eine einstige Zerstörung, ein Tod bevorstehe, herbeigeführt durch das maasslose Anwachsen gewisser Perturbationen im Laufe dieser ungeheuren Zeiträume, sei es nun durch das Aufeinanderstürzen und gegenseitige Zertrümmern zweier Körper, oder durch allmälige, aber gänzliche Veränderung der Bahn-Elemente?

Wenn z. B. unsere Erde statt der mässigen Ellipticität ihrer jetzigen Bahn nach und nach eine kometenartige excentrische bekäme, so könnten allem Anschein nach die jetzt auf ihr lebenden Thier- und Pflanzengattungen nicht weiter bestehen, und nur die etwanigen Bewohner des Innern der Erde könnten sich erhalten. Wenn sie vollends in die Sonne, diese 1200000mal grössere Kugel, hineinstürzte, so wäre es gänzlich aus mit ihr. Dem denkenden Geiste kann es keine Befriedigung gewähren, wenn man ihm beweist: es werde doch jedenfalls ein ungeheuer langer Zeitraum, viele Tausende von Geschlechtsfolgen in sich begreifend, bis zu einer solchen Katastrophe verstreichen; denn nicht auf das Jahrhundert, in dem er selbst und die Zeitgenossen auf Erden zu leben bestimmt sind, beschränkt sich seine Wissbegier und seine Theilnahme:

„To be, or not to be, that is the question?"

Will der Schöpfer seine Welt erhalten, oder liegt es in seiner Absicht, sie, sei es auch erst nach Millionen von Jahren, wieder zu zerstören?

Die beiden Riesengeister, welche die Rechnung des Unendlichen erschufen: *Newton* und *Leibnitz*, beantworten diese Frage auf sehr verschiedene Weise. Der erstere glaubte, dass im Laufe der Jahrtausende allmälig, aber unaufhaltsam, ein Zustand herbeikommen werde, der mit einem gesicherten Fortbestehen der Glieder des Sonnensystems unverträglich sei. Alsdann müsse die Gottheit selbst durch einen unmittelbaren Act der Allmacht — der als solcher freilich ausser

aller Berechnung liegt — eingreifen und wieder zur alten Ordnung einlenken.

Diese Vorstellungen fand *Leibnitz* einer unendlichen Weisheit durchaus unwürdig. „Der Schöpfer des Universums sei kein probirender Künstler, der nachhelfe, wenn seine Maschine in Unordnung gerathen wolle, da er es im Anfange noch nicht so gut verstanden habe.“ Nach ihm giebt es eine „prästabilitirte Harmonie“, zu der Alles von selbst wieder strebe und streben müsse, und welche einen Zustand, bei dem es gleichsam bis zum Aessersten gekommen sei, und bei dem nur das Radicalmittel der einhelfenden göttlichen Allmacht Abhülfe schaffen könne, gar nicht erst entstehen lasse. — Das Eine wie das Andere war nichts als ein Zerhauen des Knotens, den man nicht lösen konnte, und wenn sich auch Jeder gedrungen fühlen wird, in *Leibnitz's* Erklärung eine der Gottheit würdigere Vorstellung anzuerkennen, so wird man sich doch nicht eher zufrieden stellen wollen, bis es gelungen ist, diese prästabilitirte Harmonie oder dasjenige, was ihre Stelle vertritt, nachzuweisen, nicht blos sie hypothetisch zu setzen.

Newton und *Leibnitz* waren Begründer, nicht Vollender der Analysis des Unendlichen. So grosser Vorgänger sich würdig zu zeigen, Licht in das Dunkel zu bringen, das jene noch nicht hatten erhellen können, war ihren Nachfolgern vorbehalten. Am meisten und gründlichsten hat sich *Laplace* mit dieser Frage beschäftigt, und die Hauptquelle, aus welcher das Folgende geschöpft ist, bildet seine Mécanique céleste, worin er die ganze Theorie des Weltsystems als ein grosses Problem der Mechanik behandelt.

§. 190.

Wir haben oben (§. 185.) gesehen, dass das Verhältniss der Masse der störenden Körper zu der des Hauptkörpers, so wie die Entfernung derselben, über die Grösse der Störung entscheidet. Wären also z. B. die Massen sämmtlicher störender Planeten, im Vergleich zur Sonnenmasse, unendlich klein, so wären es auch die daraus resultirenden Störungen in ihrem Verhältniss zur Hauptbahn; je grösser dagegen jene Massen sind, desto mehr steht von ihnen zu befürchten.

Jupiter und Saturn bilden im Sonnensysteme die beiden dem Centralkörper am nächsten kommenden Hauptmassen. Hat

gleich jener nur $\frac{1}{1047}$ und dieser nur $\frac{1}{3500}$ der Sonnenmasse, so überwiegen sie doch auch so noch die meisten anderen Planeten eben so sehr, als sie selbst von der Sonne überwogen werden. Ihre gegenseitige Wirkung auf einander muss also nicht allein die verhältnissmässig stärkste, sondern auch, was den Bestand des ganzen Systems betrifft, die bedenklichste von allen sein, zumal wenn im Laufe der Zeit eine Veränderung ihrer grossen Axen, also ihrer mittleren Entfernungen von der Sonne, eintreten sollte.

Laplace untersuchte die Bedingungsgleichungen, welche in Jupiters und Saturns gegenseitiger Anziehung ihren Grund haben, und fand zu seiner nicht geringen Ueberraschung, dass, nachdem er die numerischen Werthe für die Massen, Distanzen u. s. w. der beiden Planeten in seine Formeln substituirt hatte, die Summe sämmtlicher saeculären Veränderungen der grossen Axe Saturns gleich Null ward. Ein gleiches Resultat, wie es auch die Gegenseitigkeit nicht anders erwarten liess, fand er für die grosse Axe Jupiters. Es könnte dies ein Zufall, obwohl ein sehr glücklicher Zufall genannt werden, der bei anderen Werthen der Massen und Distanzen sich möglicherweise anders gestaltet hätte. Allein *Laplace* selbst erstaunte, als er bei näherer und mehr verallgemeinerter Untersuchung fand, dass diese Nullgleichung, diese Constanz der halben grossen Axen, ein allgemein nothwendiges Ergebniss des Newton'schen Gesetzes sei, welches auch immer die einzelnen Massen sein möchten, vorausgesetzt, dass diese selbst nur constant bleiben, wie es der Natur der Sache nach sein muss.

Eine genauere Einsicht in diese Entwickelungen ist ohne Hülfe der höheren Analysis nicht möglich. Auch hat *Laplace* den Gegenstand noch nicht ganz erschöpft, indem er auf die sogenannten Potenzen und Produkte der Massen keine Rücksicht nahm. Diese subtile Frage behandelte *Poisson*, allein auch er gelangte zu dem Laplace'schen Resultate, das also durch ihn bloss noch besser bestätigt und gründlicher erwiesen ward.

§. 191.

Leverrier hat die seculären Störungen einer umfassenden Arbeit unterworfen und sie auf Hunderttausende von Jahren vor- und rückwärts berechnet. Er findet für die oberen

grossen Planeten jene absolute Constanz (Ewigkeit des Bestehens) ganz eben so wie *Laplace*; für die unteren vom Mars an gerechnet wagt er deshalb noch nicht definitiv zu entscheiden, weil wir über die Massen dieser Planeten nur noch sehr schwankende Angaben besitzen.

Allerdings sind die grossen Axen nicht durchaus und in aller Strenge unveränderlich zu nennen. Die periodischen Störungen, welche der radius vector der Planeten und Monde erleidet, und deren Periode oft mehrere Umläufe des gestörten Körpers begreift, verändern temporär auch die grosse Axe, die ja weiter nichts ist, als das mittlere Ergebniss der verschiedenen Radienvectoren. So sind namentlich die grossen Axen der Planetoiden Veränderungen unterworfen, die auf eine halbe Million Meilen anwachsen können, ehe sie wieder in die entgegengesetzten übergehen. Aber diese Veränderungen hängen von der Configuration der störenden Körper ab, sie sind also nicht eigentlich saeculäre, und haben, einzeln genommen, bestimmt begrenzte Perioden.

§. 192.

Nächst der grossen Axe ist die Excentricität der Bahn das wichtigste Element. Könnte diese ohne Aufhören in's Unermessliche fortwachsen, so würde noch bei unveränderter mittlerer Distanz, wenn auch nicht gerade das selbstständige Dasein, doch der bestehende Zustand eines Weltkörpers wahrscheinlicherweise gefährdet werden. Indem *Laplace* die hierauf bezüglichen Differenzialgleichungen entwickelte, kam er zu folgendem allgemeinen Ausdruck:

$$m.\frac{d(e^2\sqrt{a})}{dt} + m'\frac{d(e'^2\sqrt{a'})}{dt} + m''\frac{d(e''^2\sqrt{a''})}{dt} + \ldots = 0$$

Hier bedeutet t die Zeit, m die Masse, e die Excentricität und a die halbe grosse Axe eines Planeten P; m', a', e' bezeichnen dasselbe in Bezug auf den Planeten P'; u. s. w. für alle Planeten. Die Integration dieses Ausdrucks aber ergiebt:

$$e^2 m\sqrt{a} + e'^2 m'\sqrt{a'} + e''^2 m''\sqrt{a''} + \ldots = \text{Constante.}$$

Mit anderen Worten: da die Summe der Veränderungen der einzelnen Produkte $[e^2 m\sqrt{a}]$ in jeder beliebigen Zeitein-

heit sich zu Null aufhebt, so ist die Summe der Produkte selbst für alle Zeiten constant.

Wurzelgrössen, wie $\sqrt{a}$, können bekanntlich positiv oder negativ sein: die analytische Entwickelung zeigt uns, dass für directe Bewegungen die positiven, für retrograde die negativen Werthe der Wurzeln gültig sind. Da nun alle Planeten- und Mondenbahnen — von den Kometen wird weiter unten die Rede sein — direkte sind, so ist auch für alle das positive Wurzelzeichen zu nehmen. Die Massen m sind ihrer Natur nach, und die Quadrate der Excentricitäten als gerade Potenzen gleichfalls positiv, folglich können sich auf der linken Seite des Gleichheitszeichens im obigen Integral keine negativen Produkte befinden; mithin ist jedes einzelne Glied, für sich allein betrachtet, nothwendig kleiner als die constante Summe aller Glieder.

Da ferner, wie vorhin erwähnt, die grossen Axen wie die Massen constant sind, folglich alle Veränderungen in den einzelnen Producten nur von den Excentricitäten ausgehen können, so folgt,

> dass keine Excentricität einer Planetenbahn wachsen könne, ohne dass eine oder mehrere andere gleichzeitig abnehmen, und umgekehrt.

Nun haben die beiden Hauptkörper des Systems nach dem Centralkörper, nämlich Jupiter und Saturn, mässige Excentricitäten, die vermöge ihrer gegenseitigen Wirkung, da sie einander zunächst stehen, wechselsweise wachsen und abnehmen. Die Excentricität Jupiters ist gegenwärtig 0,04823 und im Zunehmen begriffen, die für ein Jahrhundert + 0,000159 beträgt; sie hatte ihren kleinsten Werth 16000 J. v. C. und betrug damals 0,0249; sie wird ferner 17200 J. n. C. ihren grössten Werth 0,060 erreichen und dann wieder durch 33200 Jahre hin abnehmen. Saturn, dessen Excentricität jetzt 0,05608 beträgt und in jedem Jahrhundert um 0,000312 abnimmt, hatte seine grösste von 0,083, als Jupiter die kleinste hatte, und wird seine kleinste von 0,011 zeigen, wenn die des Jupiter im Maximo stehen wird.

Das Product $e^2 m\sqrt{a}$ beträgt nun für Jupiter:

$$\text{im Minimo} = 0{,}0249^2 \cdot \frac{1}{1046{,}7} \cdot \sqrt{5{,}20116} = 0{,}00000198$$

$$\text{im Maximo} = 0{,}060^2 \cdot \frac{1}{1046{,}7} \cdot \sqrt{5{,}20116} = 0{,}00000784$$

gegenwärtig	0,00000507
vor 1000 Jahren . . .	0,00000474
nach 1000 Jahren . . .	0,00000541

für Saturn dagegen:

im Maximo $0{,}083^2 \cdot \frac{1}{3500} \cdot \sqrt{9{,}53781}$ . . . 0,00000608

im Minimo $0{,}011^2 \cdot \frac{1}{3500} \cdot \sqrt{9{,}53781}$ . . . 0,00000011

gegenwärtig	0,00000277
vor 1000 Jahren . . .	0,00000309
nach 1000 Jahren . . .	0,00000247

für beide zusammen $e^2 m \sqrt{a} + e'^2 m' \sqrt{a'}$

16000 J. v. Chr.	0,00000806
17000 J. n. Chr.	795
1840 -	784
840 -	788
2840 -	788

Hieraus ist ersichtlich, dass diese beiden Hauptkörper gegenseitig den bei weitem grössten Theil der Störungen unter sich auszugleichen übernehmen, während für die übrigen nur ein sehr geringer Theil bleibt — eine Folge der Stellung, die sie im Weltenraume einnehmen. Wären beide genannte Planeten durch kleinere getrennt, so würde die Ausgleichung weit unvollkommener sein und weit mehr Wirkung auf die schwächeren Planeten stattfinden, wo dann, sowohl wegen des geringeren Abstandes als der kleinen Masse, das Produkt $m \sqrt{a}$ sehr klein, und folglich, wenn $m \frac{d(e^2 \sqrt{a})}{dt}$ einer gegebenen Grösse gleich sein soll, die Veränderung in e desto grösser sein muss. Ganz besonders würden die zwischen Jupiter und Saturn gruppirten schwächeren Planeten darunter leiden. Wäre ferner die Excentricität Jupiters oder Saturns sehr beträchtlich, so würde eine gleich starke Aenderung derselben eine viel stärkere bei den übrigen Planeten hervorbringen, während gegenwärtig diese Excentricitäten zu den schwächeren gehören und nur die der Erd- und Venusbahn bleibend übertreffen, hingegen von der der meisten anderen Planetenbahnen, übertroffen werden. Wäre endlich statt zweier grosser Planeten deren nur einer vorhanden, so würde die Gesammtwirkung der Störungen desselben

sich auf die übrigen vertheilen, während jetzt Saturn gleichsam ein Gegengewicht bildet, das den mächtigen Jupiter balancirt. Mit einem Worte: wären die Massen weniger vortheilhaft vertheilt, so würde die Befürchtung einer nicht blos störenden, sondern im Laufe der Zeit zerstörenden Einwirkung bei weitem mehr gerechtfertigt erscheinen.

Am meisten könnten noch die Excentricitäten der kleinen Planeten zwischen Mars und Jupiter, ihrer sehr geringen Masse wegen, Veränderungen unterworfen sein, allein diese sind an sich sehr beträchtlich, und aus diesem Grunde — da in den obigen Differentialgleichungen die Quadrate von e erscheinen — weniger variabel, als bei geringeren Excentricitäten der Fall sein würde. Wir kennen das Verhältniss ihrer Massen zur Sonnenmasse nicht, wir wissen aber, dass sie, eben so wie ihre Volumina, äusserst klein sein müssen. Wenn daher die kleinen Planeten auch grossen Veränderungen der Elemente unterworfen sind, so kommen diese doch in Bezug auf das Ganze wenig in Betracht, und seine Stabilität ist dadurch um so weniger gefährdet, als sie selbst, da ihre Bahnen in einander verschlungen sind und rücksichtlich der Lage der Apsidenlinie eine nicht zu verkennende Tendenz zur Uebereinstimmung zeigen, diese saeculären Störungen dem grössern Theile nach gleichmässig unter sich vertheilen. Einem einzelnen dieser Körper, z. B. der Pallas, die dem Jupiter in ihrer Sonnenferne sehr nahe kommen kann, würden dessen Störungen vielleicht gefahrdrohend sein, so aber ist auch hier für Vertheilung und Ausgleichung gesorgt.

Die Aenderungen der Excentricitäten der übrigen Planeten werden sich im Allgemeinen nach der oben erwähnten Hauptperiode von 33200 Jahren richten. Die Excentricität der Erdbahn ist gegenwärtig 0,01678; sie war vor 2000 Jahren = 0,01762 und wird nach 2000 Jahren 0,01594 betragen. Nie kann sie das Doppelte ihres gegenwärtigen Werthes erreichen, eben so wenig aber jemals verschwinden, die Bahn also nie kreisförmig werden.

§. 193.

Die **Neigungen** und **Knoten** der Planetenbahnen sind gleichfalls gegenseitigen Veränderungen unterworfen, und diese Veränderungen, wenn sie auch den Bestand des Ganzen weit weniger, als die vorhin erwähnten, afficiren können, würden

dennoch bei einem unbegrenzten Anwachsen von nicht zu übersehendem Einflusse sein. Nähme z. B. die Neigung der Erdbahn gegen den Umdrehungsäquator der Erde, in Folge dieser Anziehungen, nach und nach zu, so dass sie beide einen rechten Winkel bildeten, so würde das Jahreszeitenverhältniss eine totale Aenderung erleiden, und Winter und Sommer in weit grösseren Differenzen, als gegenwärtig, auseinandergehen. Die Sonne würde den Polbewohnern in der Mitte ihres Sommers in's Zenith rücken und eine kurze Zeit fast unbeweglich dort stehen bleiben. In allen Gegenden der Erde würde es Tage geben wo die Sonne nicht auf- und untergeht, was jetzt nur jenseit des $66^1/_2{}^0$ Br. der Fall ist; mit anderen Worten: die ganze Erde würde in dasselbe Verhältniss gesetzt, in welchem jetzt die polaren Regionen stehen. Würde umgekehrt die Schiefe der Ekliptik zu irgend einer Zeit gleich Null, fiele demnach die Ebene des Aequators mit der der Ekliptik zusammen, so würde kein Unterschied der Jahreszeiten mehr stattfinden, die gegenwärtige mittlere Jahrestemperatur eines gegebenen Ortes würde die eines jeden einzelnen Tages werden, und da nun auch der Unterschied der Tageslängen wegfiele, überall auf der Erde zu allen Zeiten 12 Stunden Tag mit 12 Stunden Nacht abwechselten und nur die äussersten Polargegenden einen ewigen, aber bleichen und kraftlosen Tag genössen, so würde man den Jahrescyklus nur noch an den Sternbildern, die in einer gegebenen Nachtstunde culminiren, wahrnehmen können: er würde aufhören von Wichtigkeit für die Lebensordnung und die Geschäfte der Erdbewohner zu sein, und nur der Astronom würde sich seiner noch bedienen. Dass Planeten unter solchen Verhältnissen bestehen können, beweisen Uranus, der sich im ersten Falle, und Jupiter, der sich im letzteren (wenigstens nahezu) befindet. Aber in einer misslichen Lage befände sich der Weltkörper, der aus einem Zustande in den anderen überginge, oder auch nur stark zwischen beiden schwankte: beides wäre unverträglich mit der Constanz der Naturökonomie auf einem solchen Planeten. Untersuchungen über die Möglichkeit und Ausdehnung solcher Veränderungen sind daher von allgemein practischem, nicht mehr bloss wissenschaftlichem Interesse.

Neigungen und Knoten der Bahnen sind relative Bestimmungen, die nur dann einen bestimmten Sinn geben, wenn man sie auf eine unveränderliche Ebene bezieht. Weder die Ekliptik noch der Aequator der Erde sind feste Ebenen dieser Art: beide participiren an den Veränderungen, die sie wechsels-

weise bewirken und erleiden, wiewohl in beträchtlich verschiedenem Masse. Dass uns im Sonnenäquator eine solche feste Ebene gegeben sei, ist zwar theoretisch wahrscheinlich, aber ihre genaue Bestimmung ist ungemein schwierig und misslich: sie kann kaum auf Viertelgrade verbürgt werden und würde schon allein deshalb bei genauen Untersuchungen auszuschliessen sein. *Laplace* hat ein Mittel ausfindig gemacht, eine solche unveränderliche Ebene zu bestimmen und sie für alle Zeiten hinaus mit Sicherheit wiederzufinden.

Man lege eine beliebige Ebene, etwa die der Ekliptik, durch die Sonne und ziehe gerade Linien von der Sonne an die Punkte, wo die Planetenbahnen ihre aufsteigenden Knoten in dieser Ebene haben. Auf diesen geraden Linien schneide man (vom Centrum aus) Stücke ab, welche den Tangenten der Neigungen dieser Bahnen proportional sind.

An die Endpunkte dieser Linien setze man Massen, welche den Planetenmassen proportional sind, multiplicire sie mit den Quadratwurzeln aus ihren Bahnparametern und den Cosinus ihrer Neigungen, und bestimme den Schwerpunkt dieses Systems von Massen. Dann wird die vom Mittelpunkte der Sonne an diesen Schwerpunkt gezogene gerade Linie die Tangente der Neigung, und die Richtung dieser Linie den aufsteigenden Knoten der gesuchten festen Ebene gegen die angenommene Ebene bezeichnen.

Die zur Berechnung dieser Ebene bequemsten Formeln sind diese:

Es seien

a, a' u. s. w. die halben grossen Axen
e, e' . . . . . die Excentricitäten
i, i' . . . . . die Neigungen
Ω, Ω' . . . . die aufsteigenden Knoten
} der Planetenbahnen.

i_0 die Neigung der fixen Ebene gegen die, worauf i, i' . . . und Ω, Ω' . . . sich beziehen.

Ω_0 ihr aufsteigender Knoten.

so mache man:

$$m \sin i \sin \Omega \sqrt{a(1-e^2)} + m' \sin i' \sin \Omega' \sqrt{a'(1-e'^2)} + \text{etc.} = c$$
$$m \sin i \cos \Omega \sqrt{a(1-e^2)} + m' \sin i \cos \Omega' \sqrt{a'(1-e'^2)} + \text{etc.} = c'$$
$$m \cos i \sqrt{a(1-e^2)} + m' \cos i' \sqrt{a'(1-e'^2)} + \text{etc.} = c''$$

und man hat:

$$\operatorname{tg} i_0 \sin \Omega_0 = \frac{c}{c''}$$

$$\operatorname{tg} i_0 \cos \Omega_0 = \frac{c'}{c''}$$ (Méc. cél. T. I. L. II. Cap. VII. n. 62. p. 318.)

Nach *Laplace's* Untersuchungen ergiebt sich, wenn man von der Lage der Ekliptik ausgeht, die im Anfange des 19. Jahrhunderts stattfand, die Neigung i und der aufsteigende Knoten Ω der fixen Ebene gegen diese Ekliptik:

$$i = 1^0\, 34'\, 36'', 29$$
$$\Omega = 103\ \ 13\ \ 45.$$

Gegen die Ekliptik von 1750 hingegen war:

$$i = 1^0\, 35'\, 31'', 24$$
$$\Omega = 102\ \ 57\ \ 29\ , 2.$$

Mit den jetzigen Planetenmassen und unter Zuziehung des Neptun wird für 1800 erhalten:

$$i = 1^0\, 35'\, 27'', 90$$
$$\Omega = 106^0\ \ 0\ \ 49,\ \ 0.$$

Eine genauere Bestimmung dieser Ebene wird möglich sein, wenn man die Massen der Planeten genauer kennen lernen wird. Was die übrigen hier vorkommenden Elemente der Bahnen betrifft, so sind diese mit hinreichender Schärfe bekannt.

In allen anderen Systemen, die nicht durch eine fremdartige Einwirkung Störungen erleiden, giebt es ähnliche feste Ebenen, in Folge der gegenseitigen Wirkungen der zu diesem System gehörenden einzelnen Körper. Und auf diese Ebene bezogen, ergiebt die analytische Untersuchung folgende, den obigen ähnliche Ausdrücke:

$$\operatorname{tg}^2 i\, m \sqrt{a} + \operatorname{tg}^2 i'\, m' \sqrt{a'} + \ldots\ldots\ldots\ldots = \text{Constante},$$
$$\operatorname{tg} i \sin \Omega\, m \sqrt{a} + \operatorname{tg} i' \sin \Omega'\, m' \sqrt{a'} + \ldots = \text{Constante},$$
$$\operatorname{tg} i \cos \Omega\, m \sqrt{a} + \operatorname{tg} i' \cos \Omega'\, m' \sqrt{a'} + \ldots = \text{Constante}.$$

Die Neigungen können also, da hier ganz dieselben Schlüsse, wie die obigen, gelten, nur wechselsweise wachsen und ab-

nehmen. Da nämlich aus gleichem Grunde, wie oben, für $\sqrt{a}$ nur die positiven Werthe gelten und $tg^2 i$ als gerade Potenz nothwendig positiv ist, so sind alle Glieder der ersten dieser Gleichungen einzeln genommen positiv, und da ferner ihre constante Summe, den Beobachtungen zufolge, endlich ist, so kann sich unter den einzelnen Gliedern kein unendlich grosses befinden, noch irgend eins derselben in's Unendliche anwachsen. Folglich kann kein i auf 90^0 steigen, selbst nicht bei der kleinsten Masse (denn tg 90^0 ist unendlich gross, folglich auch ihr Quadrat): der Uebergang von der rechtläufigen Bewegung in die rückläufige kann aber nur als ein Durchgang der Neigung durch 90^0 betrachtet werden; folglich kann kein Planet jemals rückläufig gewesen sein, noch auch es jemals werden, in Beziehung auf jene fixe Ebene.

Allein auch ein zu starkes Anwachsen der Neigungen kann nicht stattfinden. Bei der raschen Zunahme der Tangenten, und der noch weit rascheren ihrer Quadrate, sobald die Winkel eine beträchtliche Grösse erreichen, würde ein einzelnes Glied nicht bis zu solchen hohen Werthen des Neigungswinkels wachsen können, ohne bald der Gesammtsumme gleich zu werden. Jupiter und Saturn, die hier wieder die Hauptkörper ausmachen, neigen sich nur wenig gegen jene Ebene, nur resp. 17′ und 56′, Uranus noch weniger, und ihre Veränderungen balanciren sich so, dass nur wenig für die übrigen Planeten übrig bleibt. Die Veränderungen der Neigungen sind übrigens ungemein langsam. Bei keinem Planeten betragen sie gegenwärtig mehr als 1″ in einem Jahre. Die stärksten Neigungen finden sich, wie oben erwähnt, bei den kleinen Planeten. Pallas hat z. B. 34^0 Neigung und $tg^2 i$ beträgt für Pallas 16600mal mehr als für Jupiter; allein die äusserst kleine Masse der Pallas bewirkt, dass das Produkt $tg^2\, i\, m \sqrt{a}$ gleichwohl nur einen mässigen Werth giebt.

§. 194.

Die Aenderungen des **Knotens** sind nicht, wie die der Neigungen, in Grenzen eingeschlossen; sie können vielmehr unbegrenzt fortschreiten. Denn die Factoren sin Ω und cos Ω in obigen Gleichungen haben die Einheit zum **Maximum**, und der Uebergang in die entgegengesetzten Zeichen geschieht durch Null, nicht wie bei den Tangenten durch's Unendliche. Die Knoten können also sich um den ganzen Kreis herumbewegen. Allein eine Bewegung im Kreise ist schon an und

für sich etwas Periodisches, und überdies ist es für den Bestand eines Weltkörpers gleichgültig, in welchem Punkte die Ebene seiner Bahn eine andere Ebene schneide.

Es hat sich also aus dem Bisherigen herausgestellt, dass die Lage der Planetenbahnen nie so beträchtlichen Veränderungen unterworfen sein könne, dass der Bestand des Ganzen gefährdet ist; aber eine andere Frage ist es, ob nicht durch eine Veränderung in der Lage seiner Rotationsaxe die physischen Bedingungen des animalischen und vegetativen Lebens auf einem Planeten mit der Zeit ganz andere werden könnten? Denn offenbar wird die Constanz oder geringe Veränderlichkeit des einen Elements, als welches wir die Lage der Bahnebene anzusehen haben, nicht genügen, wenn ein zweites eben so wichtiges, die seines Aequators, in seinen Veränderungen gewisse Grenzen überschritte. Veränderungen dieser Art haben, wie oben gezeigt worden, ihren Grund darin, dass die wahre Gestalt rotirender Körper die sphäroidische ist. Bei der Erde z. B. ändert sich der Knoten der Ebene ihres Aequators mit der erwähnten fixen Ebene und die Neigung beider Ebenen, letztere freilich ganz unmerklich. In Verbindung mit den Veränderungen, welche die Ekliptik selbst erleidet, ergiebt sich nun Folgendes.

Der aufsteigende Knoten des Aequators in der Ekliptik weicht fortwährend zurück, und vollendet seinen retrograden Umlauf in 25600 Jahren; die Neigung der Axe gegen die Ekliptik (Schiefe der Ekliptik genannt) schwankt zwischen den Grenzen $21\frac{1}{2}^{0}$ und $27\frac{1}{2}^{0}$, jedoch hängen diese Schwankungen von mehreren Perioden ab, die sich so combiniren, dass die Zunahme oft in Abnahme und umgekehrt übergeht, ohne dass die Extreme erreicht werden. Die hauptsächlichsten dieser Perioden sind eine von 92930 Jahren, und eine andere von 40350 Jahren; die angegebenen äussersten Grenzen werden erst nach Millionen von Jahren wieder erreicht. Kleinere Schwankungen von kürzeren Perioden wirken noch vielfach ein; die wichtigste ist die von der Anziehung des Mondes herrührende, deren Periode dem Umlaufe der Mondknoten oder $18\frac{2}{3}$ Jahren gleich ist. Man nennt sie Nutation, und sie kann den Ort des Knotens periodisch um 24″ und die Schiefe selbst um 9″ verändern.

Die Veränderungen des Knotens ändern, physisch genommen, für den Erdkörper nichts, denn die ganze Wirkung läuft darauf hinaus, dass das tropische Jahr (die Periode der

Jahreszeiten) 20½ Minute kürzer ist als das siderische (die Periode des wahren Umlaufs).

Die Veränderungen der Neigung dagegen müssen den physischen Unterschied der Jahreszeiten afficiren. Man ändere die gegenwärtige Schiefe der Ekliptik um + 3° ab, so werden die Winter des mittleren Deutschlands, nach Temperatur und Tageslänge, den jetzigen des nördlichen Deutschlands gleichen, die Sommer dagegen durch die des südlichen ersetzt werden. Die mittlere Wintertemperatur wird also beiläufig um 0°,5 — 0°,7 R. sinken, die mittlere des Sommers um eben so viel steigen. Einige Zugvögel würden ihre Wanderungen etwas erweitern, andere sie abkürzen. Der ewige Schnee der Berge würde sich in engere Grenzen zusammenziehen, dagegen im Winter etwas mehr Schnee, als jetzt, die Ebenen bedecken. Die Grenzen für den vortheilhaften Bau der meisten Pflanzen würden sich etwas verschieben, und zwar die der perennirenden näher nach dem Aequator hin, die der Sommergewächse dagegen näher den Polen zu, doch würde dies nicht völlig 3 Grade betragen. Noch manche Veränderungen ähnlicher Art würden vorgehen, wie wir sie sämmtlich jetzt schon wahrnehmen von einem Jahre zum anderen, ohne dass eine Veränderung der Schiefe stattgefunden hätte, und zwar in Folge ganz anderer Einwirkungen und Verhältnisse, die nichts mit astronomischen Phänomenen zu thun haben.

Man bringe eine Veränderung von — 3° an, so werden Veränderungen im entgegengesetzten Sinne, aber wohl noch weniger merkbar als die früheren, vorgehen; keine derselben würde dem Leben der Menschen, Thiere und Pflanzen auf der Erde eine andere Gestalt geben.

§. 195.

Häufig ist auch die Vermuthung ausgesprochen worden, dass nicht sowohl der Winkel beider Ebenen, als die Lage der Axe in Bezug auf einzelne Oberflächentheile des Erdkörpers sich verändert habe, also z. B. der Aequator da gelegen habe, wo jetzt ein Meridian zieht, und die Pole in irgend einem Punkte des gegenwärtigen Aequators. Dabei hat man aber vergessen, dass die Abplattung der Erde eine solche Veränderung unmöglich macht. Bei einer sphäroidischen Gestalt eines rotirenden Körpers ist die kürzeste Axe, für welche das Moment der Trägheit ein Maximum ist, auch nothwendig

die constante Rotationsaxe. Bei einer rotirenden Kugel könnte es als möglich gedacht werden, dass eine fremde Kraft die Axe versetze und dass die Umdrehung fortan um die neuen Pole vor sich gehe; beim Sphäroid wäre dies selbst dann unmöglich, wenn durch die momentane Einwirkung eines fremden, etwa der Erde sehr nahe kommenden Weltkörpers eine augenblickliche Transposition der Axe erfolgt wäre: sie würde sogleich wieder einlenken nach Entfernung jenes Körpers. Nach *Bessel's* Rechnung müsste man, um die Lage der Axe nur um eine Secunde (95 par. Fuss) zu verändern, eine Masse von 114 Cubikmeilen in der dazu geeignetsten Richtung um 90" transponiren, also z. B. das ganze Himalayagebirge in den Norden Amerika's versetzen. Die gegenwärtigen Pole also waren dies stets und werden es in alle Zukunft hinein bleiben; sie sind so nothwendig als die Erde selbst.

Es ist also vergeblich, für Erscheinungen, wie sie die neueren geographischen Forschungen uns gezeigt haben, z. B. für die Palmenwälder, die in der Vorzeit Sibiriens Fluren bedeckten, für die elephantenartigen, also pflanzenfressenden Thiere im höchsten Norden des amerikanischen Continents, eine astronomische Erklärung zu suchen. Hatte jemals der Erdkörper andere klimatische Verhältnisse als jetzt, so muss die Ursache anderswo liegen. Es ist gar nicht unmöglich, dass bei der Bildung des Planeten, durch Niederschläge, chemische Zersetzungen u. dgl., eine ganz andere Temperatur sich erzeugte, als jetzt auf der längst ausgebildeten Erde herrscht, und dass diese Temperatur sich erst ganz allmälig verlor. Noch jetzt kann durch Lichten der Wälder, Austrocknen der Sümpfe, bessere Bebauung u. dgl., das Klima eines Landes theilweise geändert werden, und wenn Deutschland jetzt ein milderes Land ist, als zu den Zeiten der Römer und Griechen, so liegt der Grund nicht darin, dass von *Eratosthenes* bis *Bessel* die Schiefe der Ekliptik sich um 16 Minuten vermindert hat, sondern in den so eben angeführten rein localen Ursachen.

Wir wissen aus Erfahrung, dass das Innere der Erde eine weit höhere Temperatur hat und dass schon in einigen tausend Fuss Tiefe die Hitze unerträglich drückt. Wir werden durch historische Zeugnisse, wie durch die geognostischen Untersuchungen, belehrt, dass die Erde einst in weit grösserer vulkanischer und neptunischer Thätigkeit war, als gegenwärtig, dass also das Innere mit der jetzt starren Oberfläche in weit ausgedehnterer Wechselwirkung stand, als jetzt.

Die Hitze des Erdinnern, sie habe ihren Grund worin sie wolle, musste also auch der Oberfläche sich mittheilen, wenn auch in einem ermässigten Grade, während jetzt gar keine solche Wechselwirkung im Allgemeinen mehr übrig ist. Damals bedurfte der Planet nicht des Sonnenlichtes zur Erwärmung; ihre Wirkung konnte der allgemein auf der Erde herrschenden hohen Temperatur nur wenig hinzufügen. Damals also konnten in allen Regionen jene reichen und üppigen Formen sich entwickeln, die jetzt nur noch, und vielleicht selbst weniger vollkommen, den tropischen Zonen eigenthümlich sind, und es war völlig gleichgültig, welches die Schiefe der Ekliptik, oder welches die Lage des Aequators war.

In ähnlicher Weise ist auch bei den übrigen Planeten dafür gesorgt, dass Veränderungen, welche der physischen Beschaffenheit eine völlige Umgestaltung drohen, in sehr enge Grenzen eingeschlossen und an Perioden geknüpft sind. So ist es z. B. bei unserem Monde und, so weit unsere Kenntniss reicht, auch bei den übrigen Trabanten für immer unmöglich gemacht, dass sie ihren Hauptplaneten eine andere Seite zuwenden, als die einmal von Anfang an dahin gerichtete. Zwar können wir in den Verhältnissen unseres Erdkörpes, in Beziehung auf die Sonne, nichts Analoges finden, würden es vielmehr für einen grossen Nachtheil halten müssen, wenn eine Seite der Erde stets Tag, die andere nichts als Nacht hätte; es ist aber als höchst wahrscheinlich anzunehmen, dass in der Naturökonomie des Mondes irgend ein wesentliches Moment liege, welches durch Aufhebung dieses Verhältnisses gefährdet werden würde, und deshalb ist Vorsorge getroffen, dass es sich stets erhalte.

Es schien angemessen, bei der Auseinandersetzung dieses Gegenstandes ausführlicher zu verfahren, indem gerade hierin die ausschweifendsten Meinungen, zum Theil selbst bei denen, die auf Wissenschaftlichkeit Anspruch machen, sich Geltung zu verschaffen suchen. Muss man nicht in jedem strengeren Winter, in jedem heisseren Sommer bald diese, bald jene vermeinte kosmische Veränderung zur Erklärung herbeigezogen sehen? und haben wohl diejenigen, welche die Erdaxe, je nachdem sie eben frieren oder schwitzen, sofort nach Norden und Süden rücken lassen, es sich klar gemacht, worin eine solche Verrückung eigentlich bestehe und was sie bewirken könne? Wohl mag Manchem, der sein Lieblingssystem auf die Veränderungen in der Lage der Axe ge-

baut hat, mit einer solchen Stabilität, mit so einfachen mathematischen Verhältnissen wenig gedient sein: aber wenn die Phantasie bis zur ewigen Weltordnung hinaufsteigen will, ohne sich in eitle Träume zu verlieren, so verschmähe sie die Zügel der Messkunst nicht.

§. 196.

Der Ort des Periheliums, oder die Richtung der halben grossen Axe, erleidet gleichfalls Veränderungen, und diese heben sich nicht gegenseitig zu Null auf, vielmehr wachsen die Längen der Perihelien fortwährend bei einem System von Körpern, die sich alle in gleichem Sinne bewegen. In dieser Zunahme kommen kleinere und grössere Schwankungen vor, eben so wie Rückwärtsgehen der Knoten. Die Länge des Perihels der Erde z. B. nimmt jährlich um 11",8 oder tropisch um 62" zu und wird in 110000 Jahren ihren siderischen Cyklus beenden, den tropischen schon nach 21000 Jahren. Leicht ist übrigens einzusehen, dass die ganze Wirkung dieser Veränderlichkeit, zumal bei der geringen Excentricität der Erdbahn, darauf hinausgeht, das Verhältniss, nach welchem jetzt die Sonne im Winter der Nordhalbkugel uns näher steht, als in dem der südlichen, einst umzukehren Jetzt sind Herbst und Winter auf unserer nördlichen Halbkugel 7 Tage kürzer, als Frühling und Sommer, und nach einer Reihe von Jahrtausenden wird dies auf der südlichen stattfinden, wo jetzt Frühling und Sommer 7 Tage kürzer sind als Herbst und Winter. Ein irgend merklicher Einfluss auf Temperatur kann daraus ganz und gar nicht resultiren. Bei Planeten von stärkerer Excentricität, wie Mars und Merkur, ist dies allerdings anders, hier haben die Halbkugeln, wenn das Perihel in den Winter der nördlichen fällt, folgende Jahreszeiten:

Nördliche Halbkugel:	Südliche Halbkugel:
Kurzer gemässigter Winter,	Langer strenger Winter,
Langer gemässigter Sommer,	Kurzer heisser Sommer;

und das kehrt sich um, wenn das Perihel um 180° fortgerückt ist. Allerdings ist ein solcher Wechsel nicht wirkungslos; aber ein Princip der gänzlichen Umgestaltung, oder gar der Zerstörung, kann darin nicht gefunden werden.

§. 197.

Es ist noch ein besonderer Fall der periodischen Störungen zu betrachten, der eintritt, wenn die Umlaufszeiten

zweier Körper desselben Systems sehr nahe ein einfaches rationales Verhältniss zu einander haben. Aus *Laplace's* Untersuchungen geht hervor, dass in diesem Falle die Störung eine sehr lange Periode habe und folglich stark anwachsen könne. Man sieht nämlich leicht ein, dass, wenn ein solches Verhältniss nahezu stattfindet, gewisse Lagen der Weltkörper gegen einander, wie etwa Oppositionen und Conjunctionen, nahe in gleicher Art einander folgen müssen. So sind 13 Umläufe der Venus, bis auf 1½ Tag etwa, 8 Umläufen der Erde gleich, woraus folgt, dass nach 8 Jahren die Conjunctionen der Venus wieder nahe auf denselben Tag eintreffen. Erfolgt also ein Durchgang der Venus, so wird 8 Jahre später abermals ein solcher erfolgen, da die Venus noch nahe genug dem vorigen Punkte steht, und erst in abermaligen 8 Jahren wird sie zu weit von ihm entfernt sein, um einen Durchgang zu veranlassen. Es werden also die von solchen Lagen abhängenden Störungen sich eine lange Zeit hindurch in gleichem Sinne wiederholen, mithin anwachsen, und man hat von der Möglichkeit gesprochen, dass Verhältnisse dieser Art — wenn sie nämlich noch weit näher als das erwähnte zuträfen — bis zu einer Grösse anwachsen könnten, die dem Fortbestande des Systems Gefahr drohe.

So kam *Laplace*, wie oben erwähnt, auf die Störung, welche zwischen Jupiter und Saturn gegenseitig stattfindet, und deren Argument äusserst langsam wächst, d. h. bei welcher eine lange Zeit hindurch die Wirkung in gleichem Sinne erfolgt. Wäre Jupiters Umlaufszeit 15 Tage länger als sie jetzt ist, oder die des Saturn 36 Tage kürzer, so würde die Periode 1860 statt 930 Jahre dauern, mithin auch das Maximum (die grösste Summe) der zugehörigen Störung auf das Doppelte steigen. Daher scheint es, dass es nur auf ein hinreichend nahes Zusammentreffen zweier Umlaufszeiten mit irgend einem einfachen rationalen Verhältnisse ankomme, um Störungen hervorzubringen so gross als man will, und folglich auch zuletzt solche, welche die Stabilität des Systems gefährden.

Doch auch diese allerdings nahe liegende Befürchtung schwindet bei gründlicher Betrachtung. Eine streng durchgeführte analytische Entwickelung des allgemeinen Ausdruckes für Störungen dieser Art, wie sie am gründlichsten *Hansen* in seinem classischen Werke: „Fundamenta nova investigationis orbitae verae, quam luna perlustrat" gegeben hat, zeigt uns, dass ein sehr nahe zutreffendes Verhältniss dieser Art sich gerade durch die daraus hervorgehende Perturbation selbst in ein völlig genaues verwandeln müsse, wobei es sodann für

alle künftige Zeiten sein Bewenden hat, und nur noch Schwankungen um diesen mittleren Zustand herum übrig bleiben, deren Grösse, eben so wie ihre Periode, abhängig ist von der anfänglich stattfindenden Abweichung vom Rationalverhältniss. Man kann, auch ohne in diese höchst schwierigen Entwickelungen einzugehen, sich von dem Gange der Natur in solchen Fällen durch nachfolgende Betrachtung eine allgemeine Uebersicht verschaffen.

Wir wollen bei dem angeführten Beispiele, Jupiter und Saturn, stehen bleiben. Die Wirkung der in Rede stehenden Störung wird am directesten in einer wechselseitigen Verzögerung und Beschleunigung ihres Laufes erkannt werden. Gegenwärtig (seit 1562 n. C.) wird die Bewegung Jupiters verzögert, die des Saturn dagegen beschleunigt, und so fort bis zum Jahre 2027, wo beides sein Maximum erreicht hat, und von wo ab das Gegentheil, nämlich Beschleunigung des Jupiters- und Verzögerung des Saturnslaufes, eintritt. Ihre mittlere Bewegung zeigten beide Planeten im Jahre 1790, und 2255 wird dies weiter stattfinden.

Nun fehlen nach der mittleren Bewegung bei Jupiters Umlaufszeit 29 Tage, um genau 2/5 der Umlaufszeit des Saturn zu sein. Untersucht man dagegen die Umlaufszeiten in einer Epoche, wo Jupiters Bewegung am meisten verlangsamt, die des Saturn am meisten beschleunigt ist, so muss jener Unterschied geringer als 29 Tage sein, und man sieht sehr leicht, dass, bei einem gleich anfänglich geringen Unterschiede, eine Abnahme bis auf Null in der Möglickeit liegt. Wie nahe das anfängliche Zutreffen sein müsse, um ein Endresultat dieser Art hervorzubringen, kann indess aus unserem allgemeinen Raisonnement nicht hervorgehen, dies hat die Analysis in jedem gegebenen Einzelfalle besonders zu bestimmen. Es genügt hier dargethan zu haben, dass es unter den gegegebenen Voraussetzungen so kommen müsse.

In dem Moment aber, wo Jupiters Periode genau 2/5 der des Saturn wird, verwandelt sich das bisher veränderliche Argument der Störung in eine Constante, die Störung selbst ist also keinesweges aufgehoben, aber ihr Wachsen (oder Abnehmen) hat in diesem Augenblick aufgehört, sie wirkt nun gleichmässig fort in dem bisherigen Sinne. Die Bewegung Jupiters (um in dem gewählten Beispiele zu bleiben) wird also durch sie noch mehr verlangsamt, die des Saturns noch mehr beschleunigt, ähnlich wie ein zur

senkrechten Lage strebendes Pendel, wenn es diese erreicht hat, die Bewegung darüber hinaus fortsetzt, und nun nach der anderen Seite hin abweicht. Dies Verhältniss $^2/_5$ fand also nur einen Augenblick statt, es wird sogleich überschritten, und nun findet eine Abweichung im entgegengesetzten Sinne statt. So wird die constante Störung wieder periodisch, und folglich wird eine jenseitige Grenze erreicht, bei welcher sie umkehren muss. Aus gleichen Gründen, wie vorhin, wird nun das Verhältniss $^2/_5$ abermals erreicht und sofort auch überschritten, die Grenze auf der anderen Seite wird erreicht u. s. w.

Das solchergestalt variable Verhältniss der Umlaufszeiten wird demnach pendelartig um das mittlere (rationale) Verhältniss herumschwanken, und die Grösse dieser Schwankungen wird von der anfänglichen Dauer der Störungsperiode, d. h. von der anfänglichen Abweichung selbst, abhängig sein, mithin auch diese aus jener, und umgekehrt, gefunden werden können.

Das befürchtete unendliche Anwachsen der Störungen findet also auch in diesem, auf den ersten Anblick so gefährlich aussehenden, Falle nicht statt.

Das gewählte Beispiel, Jupiter und Saturn, war ein blos hypothetisches, denn bei diesem Planetenpaar ist die Abweichung des Verhältnisses der Umlaufszeiten vom Rationalverhältniss 2 : 5 noch zu stark, um jemals Null werden zu können. Die Störung bleibt also stets periodisch; sie wird aber bewirken, dass, wenn man zu irgend einer Epoche aus den Beobachtungen die mittleren Bewegungen Jupiters und Saturns berechnet, diese auch nur für die gewählte Epoche gelten, und für eine andere auch anders gefunden werden. Wenn daher in irgend einer früheren Zeit diese Bewegungen hinreichend genau bestimmt worden sind, so geben sie der Gegenwart ein Mittel an die Hand, daraus diese Epoche selbst zu finden und zur Aufhellung chronologischer Schwierigkeiten beizutragen. Besonders ist für einige Daten der alt-indischen Geschichte hierüber noch Manches zu hoffen.

Dagegen ist uns in den Mondensystemen Jupiters, so wie im Rotationsverhältnisse unseres eigenen Mondes, ein solches Beispiel wirklich gegeben.

Bei den 3 inneren Monden Jupiters bestätigen nämlich die Beobachtungen folgendes Gesetz: "die mittlere Bewegung des ersten Mondes, vermehrt um die doppelte mittlere Bewegung des dritten Mondes, ist gleich der dreifachen mittleren Bewegung des zweiten Mondes."

Entweder dies war immer genau so, oder es fand anfänglich nur beinahe statt. In letzterem Falle müsste, wie oben gezeigt, auch noch jetzt eine pendelartige Schwankung des jedesmaligen Verhältnisses um das oben angegebene mittlere stattfinden. Die Beobachtungen haben eine solche Schwankung nicht entdecken können; die anfängliche Abweichung muss also entweder Null, oder sehr klein gewesen sein.

Aehnliches findet bei unserem Monde statt. Die Umdrehungszeit der Mondkugel um ihre Axe ist vollkommen genau der mittleren Umlaufszeit um die Erde gleich. Auch hier ist es bis jetzt nicht gelungen, eine Schwankung (physische Libration) mit Bestimmtheit zu entdecken; die obige Bemerkung gilt also auch hier. — Man hat Ursache anzunehmen, dass auch bei den übrigen Monden in unserem Sonnensysteme die Rotationszeiten den mittleren Umlaufszeiten gleich seien.

§. 198.

Wir haben in den speciellen Anwendungen unserer bisherigen Betrachtung der Kometen nicht gedacht, und uns hauptsächlich nur auf das Planetensystem der Sonne beschränkt. Wir haben gesehen, dass die zweckmässige Vertheilung der Massen, die Geringfügigkeit der Excentricitäten und Neigungen für die grösseren derselben und die übereinstimmend directe Richtung der Planetenbewegungen die Hauptmittel sind, wodurch es möglich geworden ist, jede Gefahr einer Zerstörung des Planetensystems durch sich selbst auf alle Ewigkeit hin zu beseitigen. Wir kennen die übrigen Partialsysteme, namentlich die Mondensysteme des Saturnus und Uranus, noch zu wenig, um einen ähnlichen Schluss mit Gewissheit zu machen; bei Jupiters Monden zeigt sich indess ganz bestimmt, dass für die ungestörte Dauer desselben, nur allerdings auf eine ganz eigenthümliche Weise, gesorgt worden ist. So bleibt uns in der That nur Ein bedenklicher Punkt übrig — die Kometen, von denen wir die wenigsten kennen mögen, aber wissen, dass sie sich unter allen nur denkbaren Neigungswinkeln und Excentricitäten zeigen, ja dass vielleicht eben so viele rückläufig als rechtläufig sich bewegen.

In der That ist an die Stelle der Furcht früherer Zei-

ten — „was die Kometen bedeuten möchten" — eine nicht vom Aberglauben, sondern von der Wissenschaft selbst angeregte getreten: „was sie bewirken?" Was hülfe alle Sorgfalt in Verhütung der Planetencollisionen, wenn diese an keine Sphäre gefesselten, sondern sie allesammt rücksichtslos durchschneidenden Fremdlinge der Erde und allen Planeten stete Gefahr drohen? In der That, die Möglichkeit eines Zusammentreffens eines Kometen mit der Erde braucht nicht nach Hunderttausenden oder Millionen von Jahren bestimmt zu werden — der Conflict kann sich über Nacht ereignen und kein *Laplace* wird uns vom Untergange retten, wenn er in dieser Weise kommen soll. Die Sache verdient eine nähere Betrachtung.

Das ganze System ist, wie man sieht, auf Wirkung und Gegenwirkung basirt, und sie spricht sich in allen Verhältnissen der Sonne, der Planeten und Monde unter einander aus. Merkwürdiger Weise aber zeigen uns die Beobachtungen in Beziehung auf das Verhältniss von Planeten und Kometen nichts von einer solchen Gegenseitigkeit. Während die Wirkungen der Planeten auf die Kometen so stark sind, dass sie deren Wiederkehr um mehrere Jahre verzögern oder beschleunigen, ja ihre Bahnen so umgestalten, dass oft gar keine Aehnlichkeit mit der früheren übrig bleibt, während so, unseren Ansichten nach, die Kometen die bitterste und begründetste Klage über die schonungslose Härte der Planeten zu führen haben, hat man noch nie die kleinte Spur einer Gegenwirkung der Kometen wahrgenommen, trotz der grossen Nähe, in die mehrere nicht allein kommen können, sondern bereits gekommen sind, und nicht in grauer Vorzeit etwa, sondern in unseren Tagen. Im J. 1770 kam ein Komet der Erde so nahe, dass er nur (nach *Clausen's* Rechnung) 363 Erdhalbmesser (312000 Meilen) von ihr abstand, und eben derselbe ging hernach zwischen Jupiter und seinen Monden hindurch. Der Halley'sche kam 1835 am 10. October der Erde näher als irgend ein Planet ihr jemals kommen kann, nämlich bis auf 4½ Mill. Meilen. Am 26. Juni 1819 stand ein grosser Komet (den man erst 8 Tage später erblickte) so nahe zwischen Sonne und Erde, dass ein Theil seines Schweifs die letztere berührt haben muss. Alle diese Kometen haben, wie die Rechnungen zeigten, ihre Kühnheit theuer genug bezahlt, was die Stabilität ihrer Laufbahnen betrifft; doch was haben sie uns zugefügt? Müssten nicht die Tausende von Kometen, die gewiss schon erschienen sind, die Harmonie des Planetensystems längst in ein Chaos aufgelöst haben, wenn die Gegenwirkungen nur einigermaassen den Wirkungen entsprächen? Statt dessen hat nie ein Komet vermocht,

die Erde, oder irgend einen Planeten, auch nur momentan zu stören, so dass die Störung ein Object der Beobachtung hätte werden können. Wäre z. B. der Komet von 1770 der Erde an Masse gleich gewesen, so hätte er der Rechnung zufolge eine Verlängerung des Erdjahres, in welchem er erschien, von 10000 Secunden bewirkt. Allein schon eine Verlängerung von 2 Secunden hätte sich in den Beobachtungen der Sonne und anderer Himmelskörper verrathen müssen; gleichwohl ist nichts bemerkt worden und der Komet hat also gewiss noch nicht $\frac{1}{5000}$ der Erdmasse. Doch wir treffen auf noch viel geringere Zahlen, wenn wir berechnen, welche Wirkung die oft wiederkehrenden Kometen bei ihren so stark abweichenden und zum Theil retrograden Bewegungen, selbst bei sehr geringen Massen, hätten haben müssen, und nach Ausweis der Beobachtungen nicht gehabt haben.

Den Kometen alle Materialität, und in Folge dessen auch alle Wirksamkeit abzusprechen, dürfte allerdings zu weit gehen; aber auch von anderen Seiten lehren uns die Beobachtungen, dass unsere gewöhnlichen Begriffe von physischen Körpern auf sie gar keine Anwendung zu finden scheinen. Sie sind trotz eines Durchmessers von vielen tausend, ja hunderttausend Meilen vollkommen durchsichtig (§. 176.) und eben so wenig vermögen sie das Licht zu brechen. Unsere verdünnteste Luft würde sich in ihren Wirkungen nicht so auf Null reduciren lassen, wahrscheinlich ist also selbst der Kern noch viel dünner als diese, und unsere Vorstellungen von Weltkörpern als festen Massen finden hier gar keine Anwendung.

Auch die ungeheuren und raschen Veränderungen, welche die Kometen in ihrem Ansehen erleiden, sprechen für eine ungemeine Verflüchtigung ihrer Theile. Die Ursachen dieser Veränderungen mögen innere oder äussere sein, jedenfalls ist klar, dass ihre Theile so gut als gar keinen Widerstand zu leisten im Stande sind, und folglich auch keine wirklich anziehende Kraft nach aussen bethätigen können.

Welchen Zweck die Kometen im Weltsystem erfüllen, ist freilich für uns allem Anschein nach unergründlich, doch dass sie zu Zersörungswerkzeugen, oder — in der Sprache der Vorzeit zu reden — zu Zucht- und Strafruthen einer zürnenden Gottheit, doch gar zu ohnmächtige Wesen sind, kann nicht bezweifelt werden. Die Ausdrücke zusammen*stossen* und zusammen*prallen*, die schon manchen Erdbewohner, von Kometen gebraucht, mit Schrecken und Angst erfüllt haben, erscheinen in Bezug auf solche Körper zum mindesten sehr übel gewählt; Ineinander*fliessen* würde vielleicht weniger unpas-

send sein. Statt demnach in den Kometen den künftigen Ruin des bewunderungswürdigen Systems, in dem unsere Erde ein Glied ausmacht, zu erblicken, gewährt vielmehr diese Betrachtung uns einen ahnenden Blick in den Plan des allweisen Schöpfers der Welten. Nur solchen Körpern, die ihrer ganz eigenthümlichen inneren Natur zufolge durchaus unschädlich und unwirksam sind, ward es gestattet, in so excentrischen und unter anderen Umständen höchst gefahrdrohenden Bahnen um die Sonne zu laufen, allen anderen dagegen, welchen eine reelle Wirksamkeit zu Theil ward, ertönte auch ein strenges: „Bis hierher und nicht weiter!" Die stärksten und überwiegendsten Massen fügten sich in eine desto genauere Ordnung, in eine Sphäre, innerhalb deren ihre anziehenden Wirkungen nur wohlthätig und dem Plane des grossen Ganzen gemäss, nie zerstörend, sich äussern können, und nur in dem Maase, wie die Massen geringfügiger werden und ihre Entfernung von der Sonne kleiner wird, ist ihnen auch ein grösserer Spielraum für die Abweichungen vom normalen Zustande gestattet. Und auf diesem Wege gelangen wir wieder zu jener prästabilitirten Harmonie, die aber nun nicht mehr blos als die kühne und glückliche Conception eines scharfsinnigen Naturphilosophen, sondern als das gesicherte Resultat des ruhig prüfenden Verstandes erscheint. Und sollte es uns auch nie vesgönnt sein, uns geistig hinaufzuschwingen zum höchsten System aller Systeme, und der Erdensohn sich nicht erkühnen dürfen, die geheimsten Absichten des Urhebers aller Dinge erforschen zu wollen, so mögen dennoch die bisherigen Betrachtungen uns wohl berechtigen zu der frohen Ueberzeugung: dass es des Schöpfers Wille sei, seine Welt zu erhalten.

Neunter Abschnitt.

Die totale Sonnenfinsterniss vom 18. Juli 1860.

Wohl noch nie vorher hatte eine Sonnenfinsterniss so viele Astronomen in einer Gegend vereinigt, als die des Jahres 1860. Das Stromgebiet des Ebro war der Schauplatz dieser seltenen Himmelsbegebenheit, besonders selten durch einen Umstand, auf den ich zuerst aufmerksam machte — die Zusammenkunft von 4 hellen Hauptplaneten (Jupiter, Saturn, Merkur und Venus) in der Nähe der Sonne zur Zeit der totalen Finsterniss. Gegen hundert Beobachter aus fast allen europäischen und selbst einigen aussereuropäischen Ländern waren herbeigekommen, um das merkwürdige Phänomen zu sehen und durch ihre Untersuchungen zur Aufhellung so vieler noch streitiger oder ganz unbeantworteter Fragen einen Beitrag zu liefern. Auch der Verfasser war unter dieser Zahl; Vitoria, der Punkt, den er zu seiner Station gewählt hatte, und eine kurz vorher eingetretene Aufheiterung des Himmels reichte eben genau noch aus, um den Vorgang nach seinem Verlaufe betrachten zu können.

Zahlreich hatten sich kundige Mitarbeiter eingefunden; man vertheilte die Arbeit und so ist es gelungen, trotz der

kurzen Dauer der totalen Finsterniss von 2 Minuten 50 Sekunden eine reiche wissenschaftliche Ausbeute zu gewinnen. Eine vollständige Bearbeitung sämmtlicher erlangter Resultate mit den erforderlichen Beilagen habe ich später im 28. und 29. Bande der Verhandlungen der Leopoldinisch - Carolinischen Akademie gegeben, der auch in einem besonderen Abdruck erschienen ist; hier soll nur das gegeben werden, was sich als sicheres Resultat herausstellt.

Die Finsterniss begann um 1 Uhr 36 Minuten nach dortiger Ortszeit, allein es währte fast eine Stunde, bevor die Abnahme des Tageslichts merklich ward. 6—8 Minuten vor dem Eintritt der totalen Finsterniss konnte man schon Jupiter und Venus mit blossen Augen sehen; und bald darauf auch die ersten Spuren der Erscheinungen, die mit dem Eintritte der Totalität ihre volle Pracht entfalteten. Die Dunkelheit zeigte sich nicht so stark als man erwartet hatte: Thermometer und Uhr konnten auch ohne künstliche Beleuchtung abgelesen werden und auch die bekannten Vorgänge in der Thier- und Pflanzenwelt gewahrte man in geringerem Grade als früher bei ähnlichen Veranlassungen.

Die Mondscheibe zeigte sich in einem tiefen Schwarz, ohne weder am Rande noch in der Mitte eine Nüancirung merken zu lassen. Der Rand zeigte sich nirgend verwaschen, sondern in den schärfsten Umrissen und seine Ungleichheiten traten deutlich hervor.

Um die schwarze Scheibe bildete sich die Lichtkrone. Sie war nicht kreisförmig, sondern erstreckte sich nach Norden am wenigsten, etwa 10 Bogenminuten; nach Süden etwas weiter; am weitesten, mit deutlichen Vorsprüngen, gegen Ost und West. Sie war weiss mit einem schwach gelblichen Schimmer: es zeigten sich in ihr eine Menge einzelner Strahlen und Strahlenbüschel, sämmtlich scharf begrenzt, zum Theil als Radien, häufig aber in ganz abweichenden und einander sogar durchkreuzenden Richtungen. Nach Süden gewahrte man deutlich gekrümmte Strahlen, zwei von ihnen standen symmetrisch wie eine Parenthese einander gegenüber, ein dritter ging über die Grenze des Ganzen hinaus und brach dann plötzlich ab.

Das Licht der Krone war nicht stark genug, um sich durch irgend einen Schatten zu verrathen; auch war die nächste Umgebung dunkler als der übrige Himmel und muss als schwarz-

blau bezeichnet werden, während der Horizont grünlich gelb schimmerte und die tiefer stehenden Wolken ein mit Violet gemischtes Dunkelgrau zeigten. Die Umrisse der umgebenden Höhen (des Altuba - Gebirgs) waren auffallend scharf und bestimmt gezeichnet.

Jetzt traten auch Saturn und Merkur, so wie 8 Fixsterne sichtbar hervor. — Etwa eine halbe Minute vor dem Eintritt der Totalität wurde von mehreren Personen, die das Phänomen mit freiem Auge betrachteten, eine eigenthümliche und räthselhafte Lichterscheinung wahrgenommen. Nach Ost und West zogen helle, unterbrochene Lichtsrahlen wie Perlenreihen wohl einen Grad weit am dunklen Himmel hin, während im Norden und Süden ein rasch in Kreisen und Spiralen sich drehendes Licht gesehen ward: das Ganze eine zusammenhängende, überaus prachtvolle Erscheinung, die mit dem Auftreten der Corona plötzlich verschwand, so dass es fast das Ansehen hatte, als sei die Corona durch eine Zusammenziehung dieser Lichterscheinung entstanden. — Am Rande der schwarzen Scheibe, mithin innerhalb der Lichtkrone, zeigten sich mehrere Vorsprünge vom schönsten Rosenroth, mit etwas Violet gemischt, gleichfalls in den schärfsten, überall vollkommen bestimmten Umrissen, einige wie schroffe Berge oder kurze Bergketten, andere in seltsamen überhängenden Formen, auch ein vollkommen abgesonderter, wie eine Wolke über der Scheibe schwebender Fleck. Ihre Grösse war sehr bedeutend: ein im Norden sich zeigender mehrfach verzweigter Vorsprung hatte drei Minuten senkrechte Höhe. Der Mond schob sich über sie hinweg, so dass er auf seinem Wege die östlichen Vorsprünge mehr und mehr verdeckte und dagegen die westlichen aufdeckte. Sie standen bezüglich zur Sonne fest und veränderten weder Ort noch Gestalt.

Diejenigen, welche im unbeschützten Fernrohr den Glanz der feinen Sonnensichel zu ertragen im Stande waren, haben diese Vorsprünge mehrere Minuten vor und nach der Totalität gesehen, jedoch bleich und fast ganz farblos. In ihrer Gesammtheit waren sie selbst dem blossen Auge sichtbar: sie bildeten für dieses einen nicht geschlossenen und stellenweis unterbrochenen Ring um die schwarze Scheibe.

Die leichten Wolken, welche sich oben und in der Nähe

des Phänomens zeigten, waren gelblich, weiterhin grau und gegen den Horizont hin sehr dunkelgrau und etwas ins Violette übergehend.

Man hatte erwartet, Spuren des Zodiakallichts wahrnehmen zu können, allein nichts der Art hat sich gezeigt. Eben so wenig ist *Leverrier's* Erwartung, bei dieser Gelegenheit den zwischen Merkur und Sonne vermutheten Planeten zu sehen, in Erfüllung gegangen, und auch ein besonderer Finsternisswind, den ich 1851 deutlich wahrgenommen, hat sich nicht gezeigt.

Die Dämmerung, welche sich während der Totalität zeigte, war von einer gewöhnlichen wesentlich verschieden. Es war keinesweges ein allgemeines unbestimmtes Grau, sondern in dem schwachen Licht, in welchem alle Schatten verschwunden waren, zeigten sich gleichwohl die Umrisse, naher, wie entfernter Gegenstände mit grosser Bestimmtheit. Die Temperatur, sowohl in der Sonne als im Schatten, nahm sehr merklich ab. Das der Sonne ausgesetzte Thermometer sank von 23°,8 R. auf 14°,7; das im Schatten hängende von 17,1 auf 13,1. Auch fand diese niedrigste Temperatur erst 8 Minuten nach der totalen Verfinsterung Statt; während derselben zeigten die Thermometer resp. 15,0 und 13,7.

Wenden wir uns nun zu den wissenschaftlichen Resultaten, die aus diesen Beobachtungen gefolgert werden können.

Man hat versucht, die Erscheinungen, die sich bei Sonnenfinsternissen gezeigt haben, auf eine ausschliesslich optische Illusion zurückzuführen. Namentlich sollten die Lichtkrone und die Protuberanzen nichts weiter sein als eine Inflexion der Sonnenstrahlen am Rande der Mondkugel, und eine andere Ansicht betrachtet unsere Atmosphäre und die darin vorkommenden Wolkenmassen als dasjenige, worin diese Erscheinungen sich bilden. Beide Meinungen können jetzt als beseitigt betrachtet werden. Die Beobachter in Vitoria haben eine so grosse Mannichfatligkeit der Formen, so zusammengesetzte Bildungen wahrgenommen, dass an eine blosse optische Entstehung derselben nicht gedacht werden kann. Die Beugungserscheinungen, welche entstehen, wenn ein Lichtstrahl längs eines dunklen Randes vorüberzieht, können wohl bunte Säume, nicht aber solche Figuren erzeugen, und eben so wird

eine Lichtkrone, wie man sie z. B. durch einen die Sonne genau verdeckenden, Metallschirm hervorbringen kann, eine ganz gleichförmige, einfach radial sich verlaufende sein müssen, mithin total verschieden von dem, was dort wahrgenommen worden ist. Es bleibt nichts übrig als die Annahme, dass der Sonnenkörper und seine nächste Umgebung die Geburtstätte dieser Erscheinung sind, und dass wir es mit einer physischen Wirklichkeit und nicht mit einer optischen Täuschung zu thun haben. Die Lichtkrone mag eine der Umhüllungen sein, deren der Sonnenkörper mehrere hat, und die uns nur sichtbar werden kann, wenn die sie überglänzenden anderen Lichthüllen uns verdeckt sind, was nur durch den Mond in oder nahe bei seiner Erdnähe geschehen kann. In den rothen Protuberanzen aber hat man sich wolkenartige Verdichtungen vorzustellen, die freilich von unseren Wolken sowohl qualitativ als quantitativ wesentlich verschieden gedacht werden müssen. Sie entstehen nicht in einer Dunst- sondern in einer Lichthülle; sie zeigen sich auch veränderlich, freilich nicht in den kurzen Minuten einer einzelnen Finsterniss, aber wohl in längerer Zeit, denn man hat 1842 und 1851 wohl ähnliche, nicht aber die gleichen Formen, und auch nicht an denselben Stellen des Sonnenrandes, gesehen. Sonnenberge, wie *Bianchi* vermuthete, sind es also nicht. Uebrigens muss auch bei ihnen angenommen werden, dass ihr Licht zu schwach ist, um bei Anwesenheit der vollen Sonnenscheibe am Himmel bemerkt werden zu können.

Ob zwischen diesen rothen Vorsprüngen und den Sonnenfackeln ein Zusammenhang bestehe? ob beide Erscheinungen wirklich ganz und gar auf eine zurückzuführen sind? Zur Entscheidung dieser Frage können die in Vitoria gemachten Beobachtungen keinen Beitrag liefern, denn sowohl vor- als nachher war der Himmel trüb, und es konnten keine Beobachtungen der Sonnenoberfläche erhalten werden. Vielleicht, dass von anderen Seiten her noch Beobachtungen zur Oeffentlichkeit gelangen, die hier einen besseren Aufschluss geben.

Auf die Thier- wie auf die Pflanzenwelt machte die diesjährige Sonnenfinsterniss einen vergleichsweise geringen Eindruck, während 1851 in Brest-Litowsk dies entschieden grösser war, Und doch war damals am genannten Orte und

weit herum nichts vom Phänomen zu sehen, da der Himmel vollständig bedeckt blieb, während es in Vitoria klar vor Aller Augen stand. Dagegen war die entstehende Dunkelheit 1851 entschieden weit grösser als 1860, was durch die viel grössere Breite des Mondschattens seine Erklärung findet. Wir schliessen daraus, dass einzig die zur Tageszeit nicht passende Dunkelheit es sei, welche das Thier verwirrt und beunruhigt, und dass das Phänomen selbst, dessen Anblick nur der nach oben schauende Mensch, nicht das erdgewendete Thier geniesst, damit unmittelbar nichts zu thun habe. Von jeder Wetterveränderung, plötzlichen wie allmählichen, hat das Thier eine Vorempfindung, von der Sonnenfinsterniss nicht. Auch geht in der Luft nichts vor, was irgend eine Veränderung bewirkte: die Thiere stehen während der Finsterniss unter keinem anderen Einflusse als dem der Verwirrung und Furcht. Während einige, wie namentlich Geflügel, sich verstecken und ihren nächtlichen Ruhestätten zueilen, sieht man Fledermäuse Nachtschmetterlinge die Zufluchtsstätten verlassen, in denen sie während des Tages sich verborgen halten; und im Moment des wieder hervorbrechenden Lichts zeigt alles seine vorige Munterkeit wieder und jede Spur der Beunruhigung ist verschwunden.

Der Umstand, dass mehrere Beobachter, die es noch wagen konnten, ihr Auge dem Glanz der Sonnensichel im Fernrohr auszusetzen, die erwähnten Vorsprünge noch 3 Minuten und darüber gesehen haben, erregt die Hoffnung, dass man unter Beobachtung gehöriger Vorsicht auch bei nur beinahe totalen, so wie in ringförmigen Finsternissen sie wird sehen und betrachten können. Folglich wird in Zukunft die Gelegenheit zu solchen Beobachtungen nicht mehr so überaus selten sein, und man wird eine grössere Mannichfaltigkeit der äusseren Bedingungen haben als bisher. Die nächste für Europa (aber nur für seine südlichsten Theile, Cadiz, Gibraltar, Malaga) totale Sonnenfinsterniss tritt am 22. December 1870 ein; eine ringförmige dagegen wird man auf einer Linie, die vom mittelländischen Meere über Widdin nach Kasan geht, am 6. März 1867 erblicken. Wir wünschen den Beobachtern dieser Phänomene dasselbe Glück, dessen sich — mit wenigen Ausnahmen — die Beobachter in Spanien zu

erfreuen hatten; wir wünschen und hoffen nicht minder, dass sie an ihren Beobachtungsorten sich eines so freundlichen Empfanges und einer so hülfreichen Bereitwilligkeit erfreuen mögen, als der Verf. und seine Mitarbeiter sie bei den biederen Bewohnern des schönen Spaniens fand.

Zehnter Abschnitt.

Die Fixsterne.*)

§. 199.

Wir haben bereits in der Einleitung im Allgemeinen die Merkmale angegeben, welche den Fixsternen zukommen, und können jetzt, da wir die zu unserem Sonnensysteme

*) Diesen Abschnitt, als den gegenwärtig wichtigsten des ganzen Werkes, hier in einer durchaus neuen und von den früheren Auflagen gänzlich abweichenden Form dargestellt zu finden, wird Niemanden befremden. Der Gesichtspunkt, aus dem jetzt das Ganze aufzufassen ist, hebt zwar nicht eine einzige der früher bekannten Thatsachen auf, und fordert eben so wenig neue Naturgesetze; gleichwohl ist er ein von dem früheren wesentlich verschiedener. Die Fassung, welche ich ihm hier gegeben, möge für sich selbst sprechen; die öffentliche Stimme wird entscheiden, ob und wie weit mir die schwierige Aufgabe gelungen sei, einen so durchaus neuen und combinirten Gegenstand allgemein fasslich darzustellen. Was dagegen den vollständigen Beweis betrifft, so wird diesen Niemand an dieser Stelle suchen wollen; ich habe an geeigneten Orten mich auf meine grösseren Schriften „Untersuchungen über die Fixsternsysteme" und „die direkt Eigenbewegungen der Fixsterne" bezogen.

Von mehreren Seiten ist meine „Centralsonne" zwar nicht angegriffen, aber darauf hingedeutet worden, dass ich früher und namentlich auch in diesem Werke mich selbst gegen eine solche ausgesprochen habe. So wenig ich nun auch jemals Bedenken tragen würde, es offen einzugestehen, wenn eine durch weitere Forschung erlangte bessere Einsicht in irgend einem Punkte meinen früheren Aesserungen entgegen steht, oder sie doch wesentlich umgestaltet, so glaube ich doch kaum, hier in einem solchen Falle zu sein. Gegen eine Centralsonne, wie man sie bisher sich dachte, erkläre ich mich noch heut, und mit noch besseren Gründen als früher; denn das, was ich an ihre Stelle setze und mit diesem Namen auch bezeichnen zu müssen geglaubt habe, ist etwas von der bisherigen Annahme wesentlich Verschiedenes. Die Sonne ist absolute Königin ihres Systems; nichts kommt ihr, weder qualitativ noch quantitativ, gleich oder nahe in ihrem ganzen Gebiete: Alcyone ist höchstens nur prima inter pares in der freien Fixstern-Republik. Früher stellte ich mehrere Möglichkeiten einander gegenüber, gab nach dem damaligen Stande der Sache Gründe und Gegengründe für jede derselben an, und erklärte mich zuletzt dahin, dass ein gleichsam absoluter Centralkörper, der dem Fixsternsysteme das sei, was die Sonne ihren Planeten ist, wahrscheinlich aufzugeben sei. Heut nun sage ich: er ist ganz gewiss aufzugeben; er ist unmöglich und nicht blos unwahrscheinlich. Darin allein besteht die Abweichung von meiner früheren Ansicht.

gehörenden Körper näher betrachtet haben, manchen Unterschied zwischen diesen und den Fixsternen schärfer bestimmen.

Dem blossen Auge erscheinen beide Arten von Körpern als strahlende Punkte; indess merkt man doch auch ohne künstliche Hülfsmittel leicht einen Unterschied in Bezug auf dieses Strahlenwerfen. Namentlich sieht man in heiteren Winternächten die Fixsterne weit mehr funkeln (im Auge hin und her zittern), als die gleichwohl meistens helleren Planeten, die ruhiger glänzen. Auch wird man die wenigen mit blossem Auge deutlich sichtbaren Planeten sehr bald an ihrem eigenthümlichen Verhalten, z. B. ihrer Farbe unterscheiden, und eine schon nach wenigen Abenden merkliche eigene Bewegung wird sich nur an den Planeten zeigen. So wird Jeder, der auch nur einige Male den Himmel aufmerksam betrachtete, sehr bald nicht mehr in Zweifel sein, ob er einen Fixstern oder Planeten vor sich habe.

Betrachtet man dagegen den Himmel mit hinreichend starken Ferngläsern, so werden sich bald bei den älteren Planeten Durchmesser zeigen, die Fixsterne dagegen bleiben auch in der allerstärksten Vergrösserung stets Punkte, die nur durch stärkeren oder schwächeren Glanz, so wie einigermaassen durch Farbe, unterschieden sind. Nur die kleinen teleskopischen Planeten könnte man also möglicher Weise noch mit Fixsternen verwechseln, und in der Nähe mondenbegleiteter Wandelsterne ist auf den ersten Blick ein Zweifel möglich, ob man einen Fixstern oder den Trabanten eines Hauptplaneten vor Augen habe, da letzterer ebenfalls keinen, oder doch nur einen sehr geringen und schwer wahrnehmbaren, Durchmesser zeigt.

Der Name Fixstern indess, der diesen Körpern wegen ihrer relativen Unbeweglichkeit gegeben wurde, kann nicht mehr der Strenge nach gültig sein, da sie, wie wir sehen werden, in der That eigene Bewegungen zeigen, nur dass diese für unseren Anblick millionenmal langsamer sind, als die eigenen Bewegungen der Planeten, weshalb es im Alterthum ganz unmöglich war, von ihrer Existenz durch die Beobachtungen etwas zu wissen. Noch *Copernicus* und *Kepler* betrachten die Fixsterne als absolut unbeweglich; daher ersterer auch vorschlug, zum Anfangspunkt der Zählungen nicht den Aequinoctialpunkt, der veränderlich sei, sondern einen Fixstern, wozu er γ Arietis wählte, zu machen. Bei *Kepler* ist unsre Sonne das Centrum sowohl für die beweglichen Planeten als für die unbeweglichen Fixsterne. —

Die erste Vermuthung einer Eigenbewegung der Fixsterne rührt von *Edmund Halley* im Anfange des 18. Jahrhunderts her. Er fand für 3 Sterne, Arcturus, Aldebaran, Sirius die Unterschiede zwischen *Hipparch* (200 v. Chr.) und *Flamsteed* (1700 n. Chr.) zu stark, um einem von beiden als Beobachtungsfehler zugeschrieben zu werden, und schloss hieraus, dass diese 3 Sterne eine eigene und zwar nach Süden gerichtete Bewegung zeigten. — Die Folgezeit hat diese Vermuthung bestätigt.

§. 200.

Der wesentliche innere Unterschied besteht jedoch nicht in diesen mehr oder minder zufälligen Merkmalen, sondern darin, dass die Fixsterne mit eigenem Lichte leuchten und weit ausserhalb des Bereichs der vorherrschenden Wirksamkeit unserer Sonne stehen. Sie sind also selbst Sonnen, d. h. sie sind eben so selbstständige Körper als diese und leuchten mit einem Lichte, dass seiner Natur nach unserem Sonnenlichte ähnlich, nur freilich für uns weit schwächer ist. Möglicherweise bewegen sich auch dunkle Körper um sie, doch darf man dies nicht als unbedingt annehmen. Wie es mondlose Planeten neben mondenbegleiteten giebt, so kann es auch planetenlose Sonnen neben solchen geben, zu denen ein System dunkler Körper gehört. Wie nicht blos Planeten, sondern auch Kometen, Sternschnuppen und vielleicht noch andere Körper um unsere Sonne laufen, wie Saturn ausser seinen Monden noch ein System von Ringen hat, wozu sich kein ähnliches Beispiel bei anderen Planeten findet, so kann auch um die Fixsterne mancher Körper kreisen, für den wir keine Kategorie besitzen, und bei der ungeheuer grossen Anzahl dieser Sonnen lässt sich fast mit Gewissheit annehmen, dass die Mannichfaltigkeit der Natur sich hier vorzugsweise bewährt haben werde. Wenigstens lässt sich schon nach den geringen und fragmentarischen Daten, die uns vorliegen, die Meinung derer vollständig wiederlegen, die eine allgemeine Conformität der Grösse und der Beziehungen zu anderen Weltkörpern für die Sonne und die Fixsterne annehmen.

Wir sind jetzt hinreichend belehrt, dass wir keinen dunklen Begleiter irgend eines Fixsterns, sei ersterer auch noch so gross, jemals erblicken werde; wenn wir demnach einen Satelliten wahrnehmen, der eine Bewegung um einen Fixstern zeigt, so muss dieser Satellit selbstleuchtend, mithin gleichfalls eine Sonne sein. Hierüber ein Mehreres in dem von den Doppelsternen handelnden Abschnitte.

Es kann noch hinzugefügt werden, dass Fixsterne, die nicht zu den teleskopischen gehören — und in sehr starken Ferngläsern unter günstigen Umständen selbst noch einige von diesen letzteren — am Tage beobachtet werden können, wenn man das Auge hinreichend bewaffnet, dass dagegen bei Planeten dies grosse Schwierigkeit hat und die Scheibe der letzteren alsdann beträchtlich bleich und völlig glanzlos erscheint, während der Fixstern sich als scharfer weisser Punkt und, wenn er sonst hell genug ist, auch mit lebhaftem Glanze zeigt.

§. 201.

Man gruppirt die Fixsterne nach Sternbildern, ordnet sie nach Grössenklassen, bezeichnet sie durch eigene Namen, Buchstaben oder auch Zahlen, und bestimmt durch geeignete Hülfsmittel ihren Ort am Himmel, so wie ihre sonstigen Eigenthümlichkeiten, wenn sich deren zeigen. Ihre wahre Grösse ist uns unerforschlich, eben so ihre Entfernung, wenn man einige wenige ausnimmt, deren Abstand von unserer Sonne man in neuester Zeit annähernd bestimmt hat.

Die Gruppen (Sternbilder) sind zum Theil uralt, wie aus sehr frühen Erwähnungen derselben (z. B. im Homer und Hiob), aus alten Globen und Thierkreisbildern (wie dem von Denderah) und aus ihren eigenthümlichen Namen und Attributen hervorgeht, die fast sämmtlich der ältesten Mythologie angehören. Indess gruppirte man anfangs nicht alle Sterne auf diese Weise, und noch weniger dachte man daran, den ganzen Himmel einzugrenzen und einzutheilen. Nur die am meisten sich hervorhebenden Gruppen und Sternfiguren wählten die Alten für ihre Bilder, und so blieben, besonders in den südlicheren Gegenden, die in den classischen Ländern der alten Welt weniger gut beobachtet werden konnten, noch manche Räume leer, welche die Neueren nach und nach ausgefüllt und benannt haben, so dass gegenwärtig kein neues Sternbild mehr eingeführt werden kann, ohne ein anderes bereits bestehendes in engere Grenzen einzuschliessen.

Ausser den zwölf Thierkreis-Bildern: Widder, Stier, Zwillinge, Krebs, Löwe, Jungfrau, Waage, Scorpion, Schütze, Steinbock, Wassermann, Fische, hatten die alten zwischen diesen und dem Nordpol folgende Bilder eingeführt:

Adler, (Antinous)*), Schwan, Leyer, Herkules, Ophiuchus,

*) Die beiden Sternbilder Antinous und Haar der Berenice gehö-

Schlange, Krone, Bootes, (Haar der Berenice), Fuhrmann, Cassiopeja, Cepheus, Andromeda, Perseus mit dem Haupte der Medusa, der grosse Bär, der kleine Bär, Drache, Triangel, Pegasus, kleines Pferd, Pfeil, Delphin.

Zwischen dem Thierkreise und dem Südpole zählten sie dagegen folgende:

Wallfisch, Orion, Hase, Eridanusfluss, grosser Hund, kleiner Hund, Schiff Argo, Wasserschlange, Becher, Rabe, Centaur, Wolf, südlicher Fisch, Altar, südliche Krone.

Eine etwa gleich grosse Anzahl von Sternbildern haben nun die Neueren hinzugefügt. *Hevel* in seinem Fixstern-Catalog führte den kleinen Triangel, den Luchs, den kleinen Löwen, das Kamelopard, die Jagdhunde Asterion und Chara, den Fuchs mit der Gans, das Sobieski'sche Schild, das Einhorn, die Taube und den Sextanten ein. *Poczobut* führte den Poniatowski'schen Stier, *Kirch* den Brandenburgischen Scepter, *Bode* das Sternbild Friedrichsehre, *Flamsteed* das Herz Carl's am Himmel ein, um das Andenken berühmter Monarchen zu verewigen. *Le Monnier* setzte das Rennthier an den Himmel zum Andenken der Gradmessung in Lappland, *Lalande* führte den Erntehüter (Custos Messium) ein, um *Messier*, den Entdecker der meisten Kometen, am Himmel zu verewigen. Die meisten neuen Sternbilder aber hat *Lacaille* am südlichen Himmel eingeführt, wo auch noch der freieste Raum sich vorfand, da die Alten über den Horizont von Rom und Alexandrien hinaus nur zwei helle Sterne Canopus und Achernach, kannten, und die weiten den Südpol umgebenden Regionen noch fast ganz neu zu erforschen und zu benennen waren. Er verewigte besonders die neueren Entdeckungen und Erfindungen, und so kann man den südlichen Himmel den artistisch-wissenschaftlichen nennen, während der nördliche, so wie die den Aequator umgebende Mittelzone, als mythologischer Himmel bezeichnet werden können.

Die Sternbilder *Lacaille's* sind: die Bildhauerwerkstatt, der Phönix, der Toucan, die Pendeluhr, die kleine Wasserschlange, das rhomboidische Netz, der Grabstichel, die Malerstaffelei, der Schwertfisch, der Tafelberg, der fliegende Fisch, das Chamäleon, die südliche Fliege, das südliche Kreuz, der Zirkel, der südliche Triangel, das Winkelmaass mit dem Lineal, das

ren dem späteren Alterthume an und verrathen schon deutlich eine Zeit, welche des alten Princips uneingedenk, sich durch höfische Schmeichelei bestimmen liess.

Teleskop, der Paradiesvogel, der Pfau, der Octant, das Mikroskop, der Indianer, der Kranich, der Compass, die Luftpumpe, der chemische Ofen, die Buchdruckerwerkstatt.*)

§. 202.

In den ersten Zeiten nach Wiedererweckung der Astronomie in Europa hat man noch manche andere Benennungen versucht. So setzte im Anfange des 17. Jahrhunderts *Schiller* die Apostel, Patriarchen, Propheten und Kirchenheiligen an den Himmel, wobei z. B. die 12 Apostel an die Stelle der 12 Thierkreisbilder traten. Wenn überhaupt groteske und wunderliche Benennungen, monströse und gekünstelte Eintheilungen die Wissenschaft zu fördern geeignet wären, so hätten jene Zeiten sie bedeutend fördern müssen. — Mehrmals ist schon der Vorschlag gemacht worden, das ganze Sternbilderwesen abzuschaffen, und eine nach Zonen, Längengraden oder Stunden der Rectascension planmässig geordnete Eintheilung an dessen Stelle zu setzen. Indess dürfte manches nicht unbegründete Bedenken dagegen geltend gemacht werden können, und eine Vereinfachung, schärfere Bestimmung und bessere Abrundung der Grenzen, so wie endlich auf den Karten die Weglassung der eigentlichen Bilder (zumal in vollständiger Ausführung), dasjenige sein, was als wünschenswerth zu bezeichnen, und von dessen Einführung keine neue Verwirrung zu erwarten ist. Die besseren Karten der neueren Zeit geben die Figuren gar nicht, oder doch nur in ganz leichten Umrissen, übrigens nur ihre Grenzen und Namen, und die Karten der Berliner Akademie haben auch selbst diese weggelassen.

§. 203.

Der Eintheilung der Sterne nach G r ö s s e n k l a s s e n liegt dagegen ein reelles Naturverhältniss zum Grunde. Unter

*) In einem bald nach dem Tode des Verfassers erschienenen Aufsatze von *Olbers* in *Schuhmacher's* astronomischen Jahrbuche „über die neuen Sternbilder“ giebt dieser hochverdiente Forscher eine historische Uebersicht derselben, rügt das Geschmacklose und Unpassende der meisten dieser Benennungen und schliesst mit dem Vorschlage, alle, welche nach *Hevel* und *Flamsteed* eingeführt worden, wieder abzuschaffen. Da keine Stimme sich gegen einen so wohlbegründeten Vorschlag erhoben und *Argelander* in seiner n e u e n U r a n o m e t r i e den Anfang mit der Ausführung desselben gemacht hat, so dürfte zu hoffen sein, dass nicht allein jene seltsamen Sternbilder wieder abgeschafft, sondern auch die abermalige Einführung neuer vermieden werde.

Grösse ist nämlich hier durchaus nur der G l a n z zu verstehen, und man nimmt also Sterne der ersten, zweiten u. s. w. Grösse an. Die ganze Eintheilung beruht bis jetzt auf Schätzung, da eine wirkliche Messung des Lichtglanzes noch grosse Schwierigkeiten hat. Indem nun jeder Astronom nach seinem individuellen Ermessen die Klassen feststellt, kann es nicht fehlen, dass verschiedene Beobachter auch die Grössen, besonders der schwächeren Sterne, verschieden schätzen. Bei den mit blossem Auge sichtbaren (den sechs ersten Klassen) findet grösstentheils noch eine Art conventioneller Uebereinkunft statt, bei den teleskopischen hingegen, deren Zahl zu gross ist, als das irgend ein Katalog oder eine Karte sie fassen könnte, ist eine solche unzureichend. So bezeichnet *Herschel* II. als 18te bis 20ste Grösse, was *Struve* als 12te bis 13te setzt.

Man zählt 18 Sterne der ersten Grösse, 55 der zweiten, 197 der dritten u. s. w., überhaupt in jeder folgenden Klasse 3—3½mal so viel, als in der nächst vorhergehenden. Etwa 5000 Sterne des ganzen Himmels mögen dem blossen Auge unter günstigen Umständen sichtbar sein. Denn dass Einzelne auch noch einen oder den anderen auf die 7te Grösse geschätzten Stern erblickt haben, muss einer besonderen Virtuosität des Auges zugeschrieben werden, eben so wie das Sehen der Sterne am Tage. Dagegen geht die Zahl derer, die das hinreichend bewaffnete Auge wahrnehmen kann, weit über eine Million.

Auch Z w i s c h e n k l a s s e n hat man eingeführt, doch sagt man gewöhnlich nicht 2½te, 4½te u. s. w., sondern man bezeichnet ersteres durch (2 . 3), letzteres durch (4 . 5). Bei *Struve* kommen auch Zehntel der Differenzen vor, z. B. $7^m,8$; $5^m,3$ u. s. w., so dass z e h n Abstufungen zwischen je zweien um eine ganze Einheit verschiedenen Grössenklassen gedacht werden müssen. Indess sind dies nicht einzelne Schätzungen, denn diese können nicht wohl weiter als auf Halbe gehen, sondern arithmetische Mittel aus mehreren, zu verschiedenen Zeiten gemachten, Schätzungen eines und desselben Sternes.

In neueren Zeiten hat *Steinheil*, dem die Naturwissenschaften so viele schöne Entdeckungen verdanken, auch ein P h o t o m e t e r (Lichtmesser) angegeben, durch welches die Lichtmengen, die von einem Fixstern zur Erde gelangen, direct gemessen werden können, und *Seidel* hat mit diesem Instrumente im Jahre 1846 eine Reihe von Messungen veröffentlicht, durch welche die in unseren nördlichen Breiten

hinreichend deutlich erscheinenden Sterne erster Grösse durch folgende Lichtquantitäten, bei denen die Helligkeit der Wega = 1 gesetzt ist, bestimmt werden.

Sirius	= 5,13
Rigel	1,30
Wega	1,00
Arcturus	0,84
Capella	0,83
Procyon	0,71
Spica	0,49
Athair	0,40
Aldebaran	0,36
Deneb	0,35
Regulus	0,34
Pollux	0,30

Beteigenze (α Orion) fehlt in dieser Reihe, da er veränderlich ist; auch bei Rigel glaubt *Seidel*, dass sein Glanz im Zunehmen sei.

Durch Vergleichungen der Wega mit Mars und Jupiter (für welche Planeten er die Oppositionen von 1845 wählte) fand *Seidel* dass Mars 6,80 und Jupiter 8,50 habe. Nimmt man an, dass Mars $^1/_7$ des von der Sonne empfangenen Lichtes zurückwirft (dieselbe Quantität, wie nach *Lambert's* Versuchen die Erde), so ergiebt die Rechnung, dass die Sonne uns 40000 Mill. mal heller glänze als Wega, oder mit anderen Worten, dass sie in 200000mal grösserer Entfernung mit diesem Fixsterne gleichen Glanz zeigen würde.

Während seines Aufenthalts am Cap wandte *J. Herschel* seine Aufmerksamkeit auch diesem Gegenstande zu. Er bediente sich eines Astrometers, doch nur um damit für einzelne Hauptsterne bestimmte Vergleichszahlen zu erhalten. Von diesen ausgehend, bestimmte er die übrigen durch wiederholt controlirte Schätzungen, die sich also nun nicht mehr über die ganze Scala hin willkürlich, sondern nur über die Zwischenwerthe erstreckte, mithin sicherer als die bisherigen; wenn gleich noch nicht Messungen im eigentlichen Sinne damit gegeben sind.

In den Outlines of Astronomy giebt *Herschel* für 190 Sterne erster bis dritter Grösse die von ihm gefundene Reihe, in der (wie auch schon bisher üblich) die grössere Zahl den geringeren Glanz bezeichnet.

Sterne erster Grösse
(bis zu 1,5).

α Canis majoris (*Sirius*) . . . 0,08
η Argus . . . . . . veränderlich —
α Argus (*Canopus*) 0,29
α Centauri 0,59
α Bootis (*Arcturus*) 0,77

Stern	Grösse
β Orionis (*Riegel*)	0,82
α Aurigae (*Capella*)	1,0
α Lyrae (*Wega*)	1,0
α Canis minoris (*Procyon*)	1,0
α Orionis (*Beteigeuse*)	1,0
α Eridani (*Achernar*)	1,09
α Tauri (*Aldebaran*)	1,1
β Centauri	1,17
α Crucis	1,2
α Scorpii (*Antares*)	1,2
α Aquilae (*Athair*)	1,28
α Virginis (*Spica*)	1,38

Sterne zweiter Grösse
(bis zu 2,5).

Stern	Grösse
α Piscis austr. (*Fomalhaut*)	1,54
β Crucis	1,57
β Geminorum (*Pollux*)	1,6
α Leonis (*Regulus*)	1,6
α Gruis	1,66
γ Crucis	1,73
ε Orionis	1,84
ε Canis majoris	1,86
λ Scorpii	1,87
α Cygni (*Deneb*)	1,90
α Geminorum (*Castor*)	1,94
ε Ursae maj. (*Alioth*) veränd.	1,95
α Ursae maj. (*Dubbe*) veränd.	1,96
ζ Orionis	2,01
β Argus	2,03
α Persei (*Algenib*)	2,07
γ Argus	2,08
ε Argus	2,18
η Ursae (*Benatnash*) veränderl	2,18
γ Orionis	2,18
α Trianguli austr.	2,23
ε Sagittarii	2,26
β Tauri	2,28
Polaris	2,28
δ Scorpii	2,29
α Hydrae (*Alphard*)	2,30
δ Canis maj.	2,32
α Pavonis	2,33
γ Leonis	2,34
β Gruis	2,36
α Arietis	2,40
σ Sagittarii	2,41
δ Argus	2,42
ζ Ursae (*Misar*)	2,43
β Andromedae	2.45
β Ceti	2,46
λ Argus	2,46
β Aurigae	2,48
γ Andromedae	2,50

Sterne dritter Grösse
(bis zu 3,5).

Stern	Grösse
γ Cassiopejae	2,52
α Andromedae	2,54
ϑ Centauri	2,54
α Cassiopejae	2,57
β Canis	2,58
κ Orionis	2,59
γ Geminorum	2,59
δ Orionis	2,61
β Persei (*Algol*) veränderlich	2,61
ε Pegasi	2,62
γ Draconis	2,62
β Leonis (*Denebola*)	2,63
α Ophiuchi	2,63
β Cassiopejae	2,63
γ Cygni	2,63
α Pegasi	2,65
β Pegasi	2,65
γ Centauri	2,68
α Coronae (*Gemma*)	2,69
γ Ursae	2,71
ε Scorpii	2,71
ζ Argus	2.72
β Ursae	2,77
α Phoenicis	2,78
ι Argus	2,80
ε Bootis	2,80
α Lupi	2,82
ε Centauri	2,82
η Canis	2,85
β Aquarii	2,85
δ Scorpii	2,86
ε Cygni	2,88
η Ophiuchi	2,89
γ Corvi	2,90
α Cephei	2,90
η Centauri	2,91
α Serpentis	2.92
δ Leonis	2,94
κ Argus	2,94
β Corvi	2,95
β Scorpii	2,96
ζ Centauri	2,96
ζ Ophiuchi	2,97
α Aquarii	2,97
π Argus	2,98
γ Aquilae	2,98
δ Cassiopeja	2,99
δ Centauri	2,99
α Leporis	3,00
δ Ophiuchi	3,00
ζ Sagittarii	3,01

Stern	Grösse
η Bootis	3,01
η Draconis	3,02
π Ophiuchi	3,05
β Draconis	3,06
β Librae	3,07
γ Virginis	3,08
μ Argus	3,08
β Arietis	3,09
γ Pegasi	3,11
δ Sagittarii	3,11
α Librae	3,12
λ Sagittarii	3,13
β Lupi	3,14
ε Virginis	3,14
α Cosumbae	3,15
ϑ Aurigae	3,17
β Herculis	3,18
ι Centauri	3,20
δ Capricorni	3,20
δ Corvi	3,22
α Canum Venat. (*Cor Caroli*)	3,22
β Ophiuchi	3,23
δ Cygni	3,24
ε Persei	3,26
η Tauri (*Alcyone*)	3,26
β Eridani	3,26
ϑ Argus	3,26
β Hydri	3,27
ζ Persei	3,27
ζ Herculis	3,28
ε Corvi	3,28
ι Aurigae	3,29
γ Ursae min.	3,30
η Pegasi	3,31
β Arae	3,31
α Toucani	3,32
β Capricorni	3,32
ρ Argus	3,32
ζ Aquilae	3,32
β Cygni	3,33
γ Persei	3,34
μ Ursae	3,35
β Trianguli	3,35
π Scorpii	3,35
β Leporis	3,35
γ Lupi	3,36
δ Persei	3,36
ψ Ursae	3,36
ε Aurigae	3,37
ν Scorpii	3,37
ι Orionis	3,37
γ Lyncis	3,39
ζ Draconis	3,40
α Arae	3,40
π Sagittarii	3,40
π Herculis	3,41
β Canis min.	3,41
ζ Tauri	3,42
δ Draconis	3,42
μ Geminorum	3,42
γ Bootis	3,43
ε Geminorum	3,43
α Muscae	3,43
α Hydri	3,44
τ Scorpii	3,44
δ Herculis	3,44
δ Geminorum	3,44
φ Orionis	3,45
β Cephei	3,45
ϑ Ursae	3,45
ζ Hydrae	3,45
γ Hydrae	3,46
β Trianguli aust.	3,46
ι Ursae	3,46
η Aurigae	3,46
γ Lyrae	3,47
η Geminorum	3,48
γ Cephei	3,48
κ Ursae	3,49
ε Cassiopejae	3,49
ϑ Aquilae	3,50
σ Scorpii	3,50
τ Argus	3,50

Die Sterngrössen sind hier so angesetzt, dass sie sich der herkömmlichen Scala und Bezeichnung möglichst nahe anschliessen. Sollen sie den photometrischen Bestimmungen so entsprechen, dass das wirkliche Verhältniss durch sie dargestellt wird, so ist jede der obigen Zahlen um 0,41 zu vergrössern, so dass α Centauri grade gleich erster, β Geminorum 2ter, κ Orionis 3ter Grösse wäre. Es lassen sich ferner die Lichtquantitäten bestimmen, welche von jedem dieser

Sterne zur Erde gelangen, wobei die Lichtstärke von α Centauri = 1 gesetzt wird:

Grösse n. gew. Skala.	Lichtquantität.	Grösse n. gew. Skala.	Lichtquantität.
1te	0,500	4te	0,051
2 -	0,172	5 -	0,034
3 -	0,086	6 -	0,024

Sirius Lichtmenge ist = 4,165; Canopus 2,041, Arcturus 0,718, Aldebaran 0,444, Spica 0,312 u. s. w.

§. 204.

Was die Namen, Buchstaben und Zahlen der Sterne betrifft, so rühren die ersten zum Theil schon von den Alten her, wie Arcturus, Regulus, Sirius u. a. m. Eine beträchtliche Anzahl ist von den Arabern benannt worden, und einige dieser Namen sind — zum Theil neben den alten lateinischen oder griechischen — auch bei uns in Gebrauch, z. B. Deneb, Mesarthim, Azimech (Spica), Beteigeuze u. a. m. Indess ist die Anzahl der einzelnen Sterne viel zu gross, um für jeden Stern einen Namen zulässig zu machen. Deshalb haben die Astronomen seit *Bayer* und *Doppelmayer* die Sterne, in jedem einzelnen Sternbilde besonders, durch griechische oder lateinische Buchstaben bezeichnet, denen folglich jedesmal das Sternbild, zu welchem sie gehören, hinzugefügt werden muss, z. B. β Tauri, p Ophiuchi. Dabei hat man durch die alphabetische Folge zugleich die Abstufung der Helligkeit anzudeuten versucht, weshalb die Sterne erster Grösse gewöhnlich mit α bezeichnet sind. — Im Alterthum, und auch in den Zeiten des *Copernicus* und *Tycho*, beschrieb man die Lage der Sterne nach den Theilen der einzelnen Sternbilder; so hiess z. B. γ Andromedae damals: der helle Stern am rechten Fusse der Andromeda u. s. w.

Da indess auch dies bei weitem nicht ausreichte, selbst wenn man nur alle mit blossem Auge sichtbaren Sterne hätte bezeichnen wollen, so hat man endlich eine Bezifferung gewählt, wo abermals jedes Sternbild besonders zählt und die Aufeinanderfolge der Zahlen die der geraden Aufsteigung ist. Auf diese Weise ist es wenigstens möglich, alle in die Cataloge eingetragenen Sterne zu unterscheiden; die bei weitem grösste Anzahl der telescopischen Sterne entbehrt aber auch dieses letztere Auskunftsmittel, und nur die Rectascension und Declination selbst, oder in einigen besonderen

Fällen die Stellung gegen grössere Sterne, bezeichnet sie für das Wiedererkennen.

Jeder durch einen eigenen Namen ausgezeichnete Stern hat zugleich einen Buchstaben und eine Zahl, so dass die letztere Bezeichnung eigentlich ausreichte. Nur das bequemere und leichtere Behalten wird durch die beiden ersteren Bezeichnungen besser befördert.

§. 205.

Die Fixsterne erster Grösse sind folgende:

1) Nördlich vom Aequator.

Wega oder α der Leyer.
Capella = α des Fuhrmanns.
Arcturus = α des Bootes.
Aldebaran = α des Stiers.
Beteigeuze = α des Orion.
Regulus = α des Löwen.
Atair = α des Adlers.
Deneb = α des Schwans (1. 2).
Procyon = α des kleinen Hundes.

Auch Algenib = α des Perseus, Sirrah = α der Andromeda, und Denebola = β des Löwen werden von Einigen zu den Sternen 1. Grösse gezählt, während Deneb häufig nur als 2. Grösse vorkommt.

2) Südlich vom Aequator, aber noch unter dem 50° N. Breite sichtbar.

Sirius = α des grossen Hundes (der hellste Fixstern).
Rigel = β des Orion.
Spica = α der Jungfrau.
Antares = α des Scorpions.
Fomalhaut = α des südlichen Fisches.

3) Unsichtbar für die oben angegebene Grenze.

Canopus = α des Schiffes Argo.
Achenar = α des Flusses Eridanus.
α des Centauren.
α des südlichen Kreuzes.

In den alten Sternkarten findet sich auch Alphard = α der Wasserschlange als Stern 1. Grösse, den man jetzt kaum noch zur 2ten zählen kann, wogegen α des Adlers als Stern 2ter Grösse sich vorfindet, der jetzt ganz entschieden 1. Grösse ist.

Auch die Sterne der 2. und 3. Grösse sind fast ganz gleich über beide Halbkugeln vertheilt. Gleichwohl findet zwischen beiden der wesentliche Unterschied statt, dass, während auf der nördlichen Halbkugel beiläufig alle Gegenden gleich reichlich mit grösseren Sternen versehen sind, in der südlichen sie mehr in Massen zusammentreten und verhältnissmässig sternenleere Regionen zwischen sich lassen, weshalb der südliche Himmel einen schöneren Anblick gewährt, als der nördliche. Sehr interessante Untersuchungen über die Vertheilung der Sterne nach Grössenklassen finden sich in *Struve's* Einleitung zu *Weisse's* Reduction der Bessel-schen Zonen. Wenn erst eine Vergleichung, wie sie hier für den 4. Theil des Firmaments (+ 15° bis — 15° Declination) durchgeführt ist, über den ganzen Himmel gegeben werden kann, so sind wichtige Resultate über Gestaltung, Grösse und Sternenfülle unserer Fixsternwelt zu erwarten.

§. 206.

Schon das Alterthum besass Himmelsgloben und Himmelskarten, und Einiges von denselben hat sich bis auf unsere Zeiten herübergerettet; eben so haben die Araber in ihrer Blüthenzeit Arbeiten dieser Art geliefert. In Europa wurden sie nach Wiedererweckung der Wissenschaften in grosser Zahl und nach den verschiedensten Massstäben angefertigt. Die Sternen-Cataloge, d. h. Verzeichnisse der geraden Aufsteigung und Abweichung, oder auch der Länge und Breite der Sterne, lagen diesen graphischen Werken zum Grunde.

Flamsteed's British Catalogue war der erste umfassendere und mit einiger Genauigkeit angefertigte; *Hevel's* schon 50 Jahre früher bearbeiteter ist nie in eigentlichen Gebrauch gekommen und war auch sehr mangelhaft. Die schönen und zahlreichen Beobachtungen *O. Römer's*, im Anfange des 18. Jahrhunderts zu Copenhagen angestellt, sind leider im Manuscript bei einem grossen Brande verloren gegangen bis auf die 4 Tage, welche sich in besonderer Abschrift erhalten haben. In der Mitte und gegen Ende des 18. Jahrhunderts gewannen die Beobachtungen sehr an Schärfe und wurden,

namentlich von *Bradley*, *Maskelyne* und *Lalande*, viele Jahre hindurch mit grossem Eifer angestellt; in Deutschland bearbeitete zugleich *Tobias Mayer* seinen Catalog nach eigenen Beobachtungen. *Lalande's* Histoire céleste, der *Piazzi*'sche Catalog, *Wollaston's* Sternverzeichniss und *Groombridge's* Beobachtungen von mehr als 4000 Circumpolarsternen waren die hauptsächlichsten Arbeiten dieser Art, welche das Ende des 18. und den Anfang des 19. Jahrhunderts bezeichnen. In den letzten Jahrzehenden sind von Allem *Bessel's* Arbeiten als die umfassendsten und genauesten zu bezeichnen. *Pond* und *Brinkley* lieferten gleichzeitig sehr scharfe Beobachtungen der sogenannten Fundamentalsterne, einzelner aus der grossen Masse ausgewählter Fixsterne, die man sehr oft und mit möglichster Sorgfalt beobachtet, um an ihnen sichere Vergleichungspunkte für die übrigen zu gewinnen. *Weisse* in Krakau hat den grössten Theil der Bessel'schen Beobachtungen (über 30000 zwischen + 15° und — 15° Decl. liegende Sterne) genau reducirt und die Reduction des anderen Theiles der Bessel'schen Sterne zwischen + 15° und + 45° bereits begonnen. *Argelander* und *Wrottesley* haben ebenfalls sehr genaue Cataloge, aber nur über eine mässige Anzahl von Sternen sich erstreckend, nach eigenen Beobachtungen gegeben, wie wir denn fast auf jeder grösseren Sternwarte einzelne Beiträge zur genaueren Bestimmung der Fixsternörter erhalten haben. *Taylor* (in Madras) und *Brisbane* (in Paramatta) lieferten zahlreiche Beobachtungen namentlich südlicher Sterne. Zwei der neuesten Unternehmungen sind *Rümker's* Catalog von 12000 teleskopischen Fixsternen beobachtet auf der Hamburger Sternwarte, und *Argelander's* Zonenbeobachtungen der Sterne von + 45° bis + 80° nördlicher Declination, zu Bonn auf der provisorischen Sternwarte (während des Baues der grösseren) angestellt. Dadurch sind Karten möglich geworden, die alle früheren weit hinter sich zurücklassen, und unter denen vorzüglich die Harding'schen (120000 Sterne auf 27 sehr grossen Blättern enthaltend) und die erst jetzt beendeten der Berliner Academie zu bemerken sind. Später hat *Argelander* diese Arbeit auch über den südlichen Himmel von — 15° bis — 31° Decl. fortgesetzt; und *Oeltzen* einen bedeutenden Theil der Argelander'schen Sterne reducirt. Ferner hat die British Association die Lacaille'schen (10000) und Lalande'schen (47000) Sternörter reducirt und veröffentlicht, und *Fedorenko* in Pulkowa die Reduction der noch fehlenden (gegen 4000) Lalande'schen Sterne hinzugefügt.

Für den blossen Liebhaber, der sich eine übersichtliche Kenntniss des Firmaments verschaffen will, sind *Bode's*, *Littrow's*

und *Argelander's* Arbeiten von grossem Nutzen. Ersterer hat auch Globen unter seiner Leitung aufertigen lassen; und *Argelander* seine Sternkarten mit einem Catalog versehen.

Da in Folge der Präcession alle Rectascensionen und Declinationen fortlaufenden Veränderungen unterworfen sind, so werden alle Cataloge, Karten und Globen nur für einen bestimmten Zeitpunkt richtig und unmittelbar gültig sein können. Um erstere auch für andere Zeiten brauchbar zu machen, fügt man den jährlichen Betrag der durch die Präcession bewirkten Veränderungen den einzelnen Angaben für jeden Stern besonders hinzu. Für den Gebrauch des Astronomen muss ausserdem noch die Aberration, Nutation und etwaige eigene Bewegung des Fixsterns in Betracht gezogen werden.

§. 207.

Die Fixsterne zeigen auch verschiedene Farben, wiewohl das blosse Auge nur wenig davon wahrnimmt. Dass alle Sterne, wenn sie dem Horizont nahe kommen, in röthlichen und anderen Farben spielen, hat seinen Grund in den Dünsten unserer Atmosphäre und gehört nicht hierher. Bestimmter lässt sich im Fernrohr darüber urtheilen, wenn eine völlig heitere Nacht und günstiger Stand der Gestirne dem Beobachter zu Hülfe kommen, indess ist der Farbenunterschied stets nur schwach, und mancher sonst sehr gute Beobachter bemerkt wenig oder nichts davon. Auch lässt sich in zu schwachen teleskopischen Sternen keine Farbe mehr unterscheiden. *Struve* nimmt die 9. Grösse als äusserste Grenze an, bei welcher er noch eine Farbe erkenne. In Spiegel-Teleskopen bemerkt man gewöhnlich mehr verschiedene Farben, als im achromatischen Fernrohr; doch kann ein Theil derselben dem Metall des Spiegels angehören (*Herschel's* Spiegel scheinen etwas röthlich gewesen zu sein).

Die meisten Sterne, sowohl grössere als kleinere, scheinen weiss zu sein, doch zeigen sich auch hierin verschiedene Grade. Sirius, Wega, Deneb, Regulus und Spica sind entschieden weiss. Aldebaran, Arctur und vor allem Beteigeuze sind rothe Sterne erster Grösse; Procyon, Capella und Atair sind gelbe. Unter den beiden hellen Sternen der Zwillinge ist Castor grünlich, Pollux röthlich; α des grossen und α des kleinen Bären (der Polarstern) sind beide gelb, mehr aber noch β des kleinen Bären. Unter den kleineren Sternen ist Mira Ceti (ein veränderlicher) durch seine rothe Farbe ausgezeichnet. Auch bläuliche Sterne (wie η der Leyer) und

purpurfarbene finden sich, doch sind letztere meist von geringer Helligkeit.

Diese Farben scheinen bei einigen Sternen Veränderungen unterworfen zu sein. Sirius wird von allen Alten als roth (rubra canicula) bezeichnet, jetzt ist nicht das geringste Roth an ihm zu erkennen. — Ein Mehreres über diese Farben wird bei den Doppelsternen gesagt werden.

§. 208.

Dass das Licht der Fixsterne ein selbstständiges, nicht erborgtes, wie das der Planeten, sei, lässt sich schon aus ihren ungeheuren Entfernungen, so wie daraus schliessen, dass sie, trotz ihrer für uns ganz unmerklichen scheinbaren Durchmesser doch ein so intensives Licht zeigen. Gleichwohl giebt es ein directes Mittel, diesen Umstand ausser allen Zweifel zu setzen: das Licht der Fixsterne zeigt sich nämlich, wie das unserer Sonne, völlig unpolarisirt, während jedes reflectirte Licht, der Gegenstand möge ein astronomischer oder ein terrestrischer sein, sich durch seine Polarisation als solches verräth. Diese erst in den neueren Zeiten entdeckte Eigenthümlichkeit des Lichtes hat Anlass zu vielfachen Versuchen gegeben; so untersuchte z. B. *Arago* das Licht des Halley'schen Kometen, welches sieh ganz deutlich als ein erborgtes zeigte. Dass dieses eigene Licht der Fixsterne trotz der verschiedenen Farben im Allgemeinen wesentlich gleicher Natur sei, in seiner Verbreitung gleichen Gesetzen folge, in Bezug auf Geschwindigkeit ebenfalls keine Verschiedenheit zeige, lehren die Beobachtungen, denn die Constante der Aberration ist für alle Fixsterne dieselbe. Indess konnten kleine Unterschiede, wenn sie stattfinden, sich allerdings in den Beobachtungsfehlern verstecken. Die Aberration beträgt im Maximo 20″,445; eine um $\frac{1}{100}$ langsamere oder geringere Geschwindigkeit des Lichts irgend eines Fixsternes würde also nur eine Differenz von 0″,2 in Bogen hervorbringen und eine solche ist für unsere Meridian-Instrumente eigentlich noch zu fein, nicht sowohl weil ihre optische Kraft zu gering, sondern weil die tägliche Bewegung der Gestirne so rasch ist, wenn man starke Vergrösserungen anwendet. *Struve* untersuchte deshalb 2 Sterne, für welche diese Bewegung nur etwa $\frac{1}{40}$ derjenigen beträgt, die im Aequator stattfindet, und wo folglich die Passagen eine in Beziehung auf Ortsbestimmung sehr grosse Genauigkeit haben können, nämlich den Polarstern und seinen kleinen Begleiter, der 18″,3 von ihm absteht und nach meinen Beobachtungen

auch physisch mit ihm verbunden ist, da beiden die gleiche scheinbare Eigenbewegung zukommt. Er fand in der That, dass die Aberration für den Begleiter kleiner, mithin die Bewegung seines Lichtes rascher sei, als sie für den Polarstern stattfindet. Aus 55 Beobachtungen in den Jahren 1818 bis 1821 fand er nämlich, dass wenn A die Aberration des grossen, A' die des kleinen Sternes ist:

$$A - A' = + 0'',180;$$

und aus fortgesetzten Beobachtungen (91) in den Jahren 1832 bis 1836:

$$A - A' = + 0'',133,$$

beide Resultate durch verschiedene Instrumente. Bei ersterem Resultate fand sich der wahrscheinliche Fehler $\pm$ 0'',035; beim zweiten $\pm$ 0'',025; das Mittel mit Berücksichtigung der Zahl der Beobachtungen fand sich:

$A - A' = 0'',149$; wahrscheinlicher Fehler $= \pm$ 0'',020.

Hieraus würde folgen, dass die Geschwindigkeit des Polarsternlichtes sich zu der Geschwindigkeit des von seinem Begleiter ausgehenden verhalte wie:

$$133 : 134.$$

Nach der Geringfügigkeit des wahrscheinlichen Fehlers scheint dieses Resultat keinem Zweifel unterworfen zu sein; nur wäre zu wünschen, dass man noch mehrere Sterne in der Nähe der Pole untersuchte.*) Bevor das Factum selbst nicht ohne allen Zweifel feststeht, dürfte es zu früh sein, Erklärungen geben zu wollen. Meine früher geäusserte Vermuthung, dass der Polarstern durch seine viel grössere Masse das Licht gleichsam zurückhalte, verlasse ich jetzt um so mehr, als sich für den Polaris eine Masse ergeben hat, die kleiner als die Sonnenmasse ist.

Man hat sogar von der Möglichkeit gesprochen, dass ein Körper eine so ungeheure Masse habe, dass die Gravitation gegen ihn die Lichttheilchen, nachdem sie vielleicht viele Millionen Meilen zurückgelegt hätten, wieder zur Umkehr nöthigte, wie ein aufgeworfener Ball zur Erde zurückkehren muss. Diese Körper würden alsdann gar nicht ausserhalb der Grenzen dieser Schussweite ihrer Strahlen gesehen und wir wüssten nichts von ihnen.

---

*) Später hat *Struve* selbst, nachdem er an 5 Sternen mit dem grossen, im ersten Vertical aufgestellten Durchgangsinstrumente in Pulkowa sehr genaue Untersuchungen über die Aberration angestellt und die Ueberzeugung gewonnen hatte, dass sie für diese 5 Sterne ganz gleich sei, Zweifel an der Richtigkeit jenes früheren Resultats geäussert und sich eine neue Untersuchung vorbehalten, von deren Ausführung jedoch nichts bekannt geworden ist. Dagegen hat *Struve* an andern Sternen die Aberration erforscht und sie bei allen Fällen gleich gefunden, was dem obigen Resultat zu widersprechen scheint.

Als eine blosse Möglichkeit betrachtet, lässt sich der Gedanke nicht geradezu abweisen; nur vergesse man nicht, dass hierzu Massen gehörten, die unsere Sonne vielleicht tausend Millionenmal überträfen, und Volumina, die etwa der Uranusbahn am Durchmesser gleich wären. Im Folgenden (§. 228.) aber wird sich zeigen, dass wenigstens in der Region, die wir als unsere Fixsternwelt bezeichnen können, Körper dieser Art nicht vorkommen.

§. 209.

Die Fixsterne stehen, wie wir bereits erwähnt haben, keinesweges absolut fest, sondern viele von ihnen zeigen Bewegungen, die nach kürzerer oder längerer Zeit für unsere Beobachtungen wahrnehmbar werden. Bereits vor 150 Jahren kam *Halley* auf diese Vermuthung; denn in den Beobachtungen *Hipparch's*, verglichen mit denen von *Flamsteed* und anderen neueren Astronomen, fanden sich nach Anbringung der nöthigen Reductionen so starke Incongruenzen, dass es nicht wohl möglich war, sie den Beobachtungsfehlern zuzuschreiben. Indess besitzen wir nur ein sehr mangelhaftes Detail über die alten Beobachtungen, und es war jedenfalls vorauszusetzen, dass sie nicht hinreichende Genauigkeit besässen, um die Sache ausser Zweifel zu setzen. Als man aber gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts die genauen Beobachtungen *Bradley's* mit den 40 bis 50 Jahre späteren *Piazzi's* verglich, und auch die Angaben anderer Astronomen benutzen konnte, zeigten sich diese Differenzen schon mit grösserer Bestimmtheit, und seit dieser Zeit hat unsere Kenntniss der Eigenbewegungen in rascher Progression zugenommen. *Argelander* hatte 540 Sterne, bei denen eine stärkere Eigenbewegung vermuthet werden konnte, in Abo beobachtet, und fand durch Vergleichung seiner Resultate mit denen früherer Astronomen bei 390 dieser Sternen eine Saecular-Bewegung von 10″ und darüber; und andre folgten diesem Beispiele. — Im Jahre 1848 begann ich eine nach 9 Jahren vollendete Arbeit: für sämmtliche Bradleysche Sterne die neueren zuverlässigen Beobachtungen (namentlich auch die in Dorpat angestellten) mit denen von 1755 zu vergleichen um möglichst scharfe Oerter und Eigenbewegungen für sie zu ermitteln. In Beziehung auf die verschiedenen Glanzklassen fand ich folgendes:

65 Sterne der 1. u. 2. Grösse	. . .	22″.22 saec. Bew.
154 - - 3. Grösse	. . . . .	16″.83 - -
312 - - 4. -	. . . .	13″.72 - -

690 Sterne der 5. Grösse. . . . . . . 11″,09 saec. Bew.
994 - - 6. - . . . . 9″,05 - -
921 telescopische (durchschnittlich 7ter) 8″,65 - -

Da nun, wenn man aus der Häufigkeit des Vorkommens der Sterne auf ihre Entfernung schliesst, eine 8 bis 9 mal grössere der letzten Klasse, mit der ersten verglichen, folgt; und der Glanz, wenn man ihn zum Maasstabe der Distanz nehmen wollte, sogar eine 12—15 mal grössere bedingt, so folgt, dass entweder diese Schlussfolge unzulässig sei, oder die wirkliche Bewegung in grösserer Entfernung von unserer Sonne rascher vor sich geht. Am wahrscheinlichsten ist Beides der Fall.

Bei 22 der hier untersuchten Sterne beträgt die Eigenbewegung 100″ und darüber, nemlich von der 1. u. 2. Classe 3, von der dritten 2, der vierten 4, der fünften 7, der sechsten 5 und der telescopischen 1 Stern.

Andererseits kommen Sterne von sehr geringer Eigenbewegung gleichfalls bei allen Grössenklassen vor. So hat β Orionis nur 3″,5, α Cygni nur 0″,7, β Persei nur 0″6 saeculärer Bewegung.

Die stärkste bisher bekannte Eigenbewegung zeigt ein telescopischer bei *Bradley* nicht vorkommender Stern in den Jagdhunden (Nr. 1831 des Groombridge-Catalogs), nemlich 701″ im Jahrhundert. Ihm zunächst steht 61 Cygni von 5ter Grösse mit 522″,1, ein neuerdings von *Argelander* untersuchter telescopischer Stern (21185 Lalande) mit 473″,4; ε Indi (5te Gr.) mit 451″ und o^2 Eridani (5te Gr.) mit 409″,1 saeculärer Eigenbewegung. Von mehreren schwächeren Sternen, namentlich der südlichen Constellationen sind ähnliche starke Bewegungen wahrscheinlich, aber noch nicht sicher constatirt; unter den Sternen erster und zweiter Grösse hat α Centauri (in Europa nicht sichtbar) die stärkste Saecularbewegung = 367″,4.

Selbst wenn der Fleiss der Beobachter und die Schärfe der Bestimmungen nur gleich stark wie gegenwärtig bleiben, wird doch die Zukunft nothwendig zu einer bedeutend umfassenderen Kenntniss der Sternbewegungen gelangen. Sie wird sich im kommenden Jahrhundert über Hunderttausende von Sternen erstrecken können, wenn man die in *Lalande's*, *Bessel's*, *Argelander's* und andern umfassenden Catalogen der Gegenwart vorkommenden Sterne dann wiederholt beobachtet.

§. 210.

Diese eigenen Bewegungen können nun zunächst einen zweifachen Ursprung haben. Entweder die Sterne be-

wegen sich wirklich im Raume, oder unsere Sonne (und mit ihr das ganze zu ihr gehörende System von Planeten, Kometen und Monden) bewegt sich, und veranlasst dadurch scheinbar Bewegungen der Fixsterne. Wäre Letzteres ausschliesslich der Fall, so würde es einen Punkt *O* des Himmels geben, wohin die Sonne ihren Lauf richtete, alle Gestirne müssten sich nun nach Maassgabe ihrer Entfernung mehr oder weniger dem entgegengesetzten Punkte nähern und von dem, auf welchen die Sonne zueilt, sich entfernen, und es liesse sich für jeden Stern, dessen Ort an der Himmelskugel bekannt ist, auch die Richtung (nicht die Quantität) seiner Bewegung, die er in Folge der Sonnenbewegung haben müsste, genau bestimmen, sobald jener Punkt *O* bekannt wäre, folglich auch umgekehrt dieser Punkt finden, wenn man die Richtung der Bewegung mehrerer Fixsterne aus Beobachtungen ermittelt hätte.

Wäre dagegen unsere Sonne selbst in Ruhe, und nur die Fixsterne (oder nur eine gewisse Anzahl derselben) in Bewegung, so würde eine solche Regel nicht bemerkt werden. Jeder Fixstern würde diejenige Richtung nehmen, die aus seiner eignen Bahn und der Stellung gegen unsere Erde resultirte, und da wir Fixsterne nach allen Gegenden hin sehen, so würden auch alle Richtungen nicht allein vorkommen, sondern durchschnittlich gleich häufig vorkommen.

Keins von Beiden ist, den Beobachtungen zufolge der Fall. Die Sterne folgen nicht einer solchen allgemeinen, auf zwei Pole sich beziehenden Richtung, aber sie zeigen auch nicht alle Richtungen gleich häufig. So bemerkte schon *Prevost* und *Herschel*, dass die meisten Sterne sich nach Süden bewegten, und dies besonders in einer Gegend, welche in der Nähe des Wintersolstitium der Sonne sich befindet. Es war demnach am wahrscheinlichsten, dass beide oben angegebene Ursachen wirkten; also dass sowohl die Sonne, als auch die Fixsterne, einer Bewegung im Raume folgten.

Die Bewegung der Fixsterne, wie sie uns erscheint, ist demnach aus einer zwiefachen zusammengesetzt: einer scheinbaren, von der Bewegung unserer Sonne erzeugten, und einer wirklich eignen. Nur die erstere würde, wenn wir den Punkt *O* erforscht hätten, der Richtung nach gegeben sein, die zweite nicht; allein man kann voraussetzen, dass diese zweite für alle Sterne zusammengenommen sich der Richtung nach gegenseitig aufheben werde. Erforscht man also denjenigen Punkt, in Beziehung auf welchen mehr, als für irgend einen anderen, die Bewegungen so erfolgen,

wie sie in Gemässheit der Sonnenbewegung erfolgen müssten, so hat man auch den Punkt gefunden, welcher unter allen, wohin die Sonne sich bewegen könnte, als wahrscheinlichster bezeichnet werden muss.

Dieses Ziel verfolgten, wie oben bemerkt, *Prevost* und *Herschel I.* Letzterer nahm den 270° der geraden Aufsteigung und etwa 45° der nördlichen Abweichung, später den 255° und + 35" als denjenigen Punkt an, wohin das Sonnensystem sich bewegte. *Maskelyne* suchte bald darauf zu zeigen, dass die Bestimmung zu unsicher und schwankend sei und bei weitem nicht alle von ihm bemerkten Veränderungen erkläre; wogegen *Herschel* zeigte, dass die stärksten der von *Maskelyne* bemerkten Aenderungen mit seiner Annahme allerdings verträglich seien Seine letzte Bestimmung war 245° 53′ und + 49° 38′; und *Gauss* fand später aus 71 Sternen 259° 10′ und + 30° 50′. *Biot*, *Lindenau* und *Bessel* fanden bei genauerer Untersuchung ebenfalls, dass der schwierige Gegenstand noch nicht spruchreif sei, und man erst eine grössere Zahl der eignen Bewegungen bestimmen müsse. Dies veranlasste *Argelander* in Abo, die helleren Sterne, so wie überhaupt diejenigen, bei denen man eine eigne Bewegung mit Wahrscheinlichkeit annehmen konnte, auf's Neue sorgfältig zu beobachten. Sein 1834 erschienener Catalog enthält die Resultate dieser Beobachtungen, und durch sie ist die eigne Bewegung für die im Vorstehenden bemerkte Anzahl von Sternen dargethan. Hierauf wandte er sie zur Bestimmung dar Bewegungsrichtung unserer Sonne an und fand mit so grosser Uebereinstimmung, als hier irgend erwartet werden konnte, den schon von *Herschel I.* bezeichneten Punkt *O* nahezu bestätigt. Um möglichst frei von Zufälligkeiten wie von willkürlichen Annahmen zu sein, theilte *Argelander* die Sterne in 3 Klassen:

A) Sterne, die sich jährlich um mehr als 1" bewegen;

B) Sterne, die sich jährlich um weniger als 1" und mehr als 0",5 bewegen;

C) Sterne, deren jährliche eigne Bewegung zwischen 0",2 und 0",5 ist.

Später fügte *Lundahl* diesen noch hinzu:

D) 147 von *Pond* beobachtete Sterne, deren eigne Bewegung grösser als 0",08 ist.

Jede dieser Klassen untersuchte er besonders, da es schwierig war, im Voraus zu bestimmen, wieviel Gewicht

(Stimmrecht) einer jeden Klasse, im Vergleich zu den übrigen, zukomme, und um zugleich praktisch zu prüfen, wieviel Uebereinstimmung die besonders berechneten Resultate zeigen würden. Es fand sich

aus A)	256° 25′,1	AR;	+ 38° 37′,2	Decl.
B)	255 9,7	-	+ 38 34,3	-
C)	261 10,7	-	+ 30 58,1	-
D)	252 24,2	-	+ 14 26,1	-

im Mittel, mit Berücksichtigung des aus den mittleren Fehlern hervorgehenden Gewichts:

aus 537 Sternen: 257° 49′,7 AR; + 28° 49′,7 Decl. (für das Aequin. von 1792,5).

Dieser Punkt liegt im Sternbilde des Hercules, links von dem hellen Stern der Krone.

Argelander's 1837 erschienene Untersuchungen sind von andern Astronomen fortgesetzt und die folgenden Resultate erhalten worden:

O. Struve aus 393 Sternen (zum grossen Theile identisch mit *Argelander's* und *Lundahl's*	261°21′,8; + 37°36′,0 (1790).
Galloway aus den Sternen des südlichen Himmels durch Vergleichung von *Lacaille's* und *Johnson's* Oertern	260° 1′; + 34° 23′ (1790).

Schliesslich habe ich aus den von mir ermittelten Eigenbewegungen von 2163 Sternen, für die sie sich zu 4″ und darüber in einem Jahrhundert ergab, für diese Richtung folgende Bestimmung gefunden:

aus 227 Sternen von 25″ und darüber saec. Bewegung . .	262° 8′,8;	+ 39° 35′,2
aus 663 Sternen von 10″ bis 25″ saec. Bewegung . . .	261 14,4	+ 37 53,6
aus 1273 Sternen von 4″ bis 10″ saec. Bewegung . . .	261 32,2	+ 42 21,9
im allgemeinen Mittel	261° 38′,8	+ 39° 53′,9

für 1800 geltend.

Natürlich sind alle diese Werthe, auch der zuletzt angeführte, blosse Näherungswerthe; allein nur eine noch grössere Zahl gut bestimmter Bewegungen wird uns in den Stand setzen, der Wahrheit näher zu rücken, als wir es bis jetzt im Stande sind. — Die Präcession wird zwar die numerischen Bestimmungen des Punkts von Jahr zu Jahr eben so ändern, wie sie alle Rectascensionen und Declinationen ändert; aber dies afficirt nicht den Ort in Beziehung zu den Fixsternen.

Dieser wird vielmehr nur sehr langsam sich ändern können, denn bevor die Curve der Sonnenbahn eine für uns merkliche Krümmung zeigt, dürften viele Jahrtausende verstreichen.

§. 211.

Wenn unsrer Sonne, oder genauer gesprochen, unserm Sonnensystem, eine ihm eigne Fortrückung im Weltenraume zugeschrieben werden muss, wenn gleichzeitig dieselbe Behauptung von den übrigen Fixsternen, so weit wenigstens unsre Beobachtungen darüber entscheiden können, gültig ist, so muss auch eine bestimmte Beziehung dieser Bewegungen aufgesucht werden. Denn Erforschung des Gesetzlichen in der uns umgebenden Natur sowohl, als in unsrer eignen innern Welt, ist das Endziel aller Wissenschaft und zugleich die nothwendige Bedingung jedes sichern und bleibenden Fortschritts, da der denkende Geist sich nirgend mit der blossen Ueberzeugung vom Dasein der Materie begnügen kann, vielmehr das Walten einer allmächtigen und allweisen Vorsehung nur da mit unerschütterlicher Gewissheit von uns erkannt wird, wo wir eine bestimmte gesetzliche Ordnung in den Veränderungen wahrnehmen. So hat die weitere Forschung von System zu System hinauf keineswegs eine blos astronomische, sondern viel mehr noch eine ethisch-religiöse Wichtigkeit, die freilich ihre volle Anerkennung erst in einem Jahrhundert finden wird, in welchem dogmatische Subtililäten die Geister nicht mehr in zwei feindliche Lager zu theilen im Stande sind.

Der Astronom würde seinen Beruf gänzlich verkennen, wenn er das Herannahen dieser Zeit unthätig erwarten wollte. Unsre grossen Vorgänger, ein *Copernicus*, *Galiläi* und *Kepler*, haben nicht danach gefragt, mit welchem günstigen oder ungünstigen Auge die Mitwelt ihre Forschungen betrachten werde: sie haben einfach Wahrheit gesucht und ihren einzigen Lohn darin gesehen, sie zu finden, wohl wissend, dass die Zeitgenossen keinen andern für sie bereit hatten. Sollen wir, die wir — äusserlich wenigstens — glücklicher und sichrer als sie gestellt sind, zögern, ihrem Beispiele zu folgen, und etwa aus Besorgniss, es möchte ein Alter der Welt resultiren, wogegen das der mosaischen Geschichte zu einem Nichts verschwindet, unsre Forschungen bei Seite setzen? Der Religion, der einen und ewigen, will die Naturforschung als Dienerin verpflichtet sein und bleiben, denn Gotteserkenntniss und Wahrheitserkenntniss ist eins und dasselbe; zu einer gefügigen Magd der

jedesmaligen theologischen Richtung wird sie nun und nimmermehr sich erniedrigen.

Schon die früheren Jahrhunderte zeigen uns Naturforscher und Philosophen, welche bemüht waren, Regel und Ordnung auch in den entferntesten der Weltengloben zu erkennen, und es war ganz naturgemäss, dass man hierbei von der Analogie unsers Sonnensystems ausging. Wie die Sonne ihre Planeten, und die grossen Planeten ihre Monde, so sollte eine allgemeine Centralsonne die Fixsterne beherrschen und um sich herumführen. Damit war indirekt nur ausgesprochen, dass das *Newton*sche Bewegungsgesetz auch für die Fixsternwelt gelte; ein Satz, für den allerdings die Thatsachen der Beobachtung, besonders der Doppelsterne (s. diesen Abschnitt) nur Bestätigungen geliefert haben. Aber indem man, stillschweigend oder ausdrücklich, auch quantitativ und qualitativ ein ähnliches Verhältniss zwischen der Centralsonne und den Fixsternen, wie zwischen diesen und ihren Planeten supponirte, und alle höheren Systeme auch nach dem Modell des Sonnensystems formte, ging man über die nothwendigen Consequenzen des *Newton*schen Gesetzes hinaus. Noch mehr Verwirrung richteten diejenigen an, die sich nicht mit dem Gedanken vertraut machen konnten, dass auch ein selbstleuchtender Körper um einen andern von ähnlicher Natur eine Bahn beschreiben könnte. Es war eine unglückliche Idee, die Attraktion von der Beleuchtung abhängig machen, oder doch mit ihr in nothwendige Verbindung setzen zu wollen.

Die Bemühungen, eine Centralsonne in dem obigen Sinne zu finden, haben zu keinem Resultat geführt, und das, was wir im Laufe der Zeit über die Bewegungen der Fixsterne erforscht haben, gewährt keine Aussicht, auch in Zukunft einen solchen Centralkörper aufzufinden. Dieses Fehlschlagen führte manche dahin, die Idee eines allgemeinen und organisirten Verbandes ganz aufzugeben und die Fixsternwelt nur aus neben einander bestehenden Partialsystemen zusammenzusetzen. Jedes dieser Partialsysteme sei in sich nach Analogie des Jupiters- und Saturnssystems gegliedert, ein allgemeines Centrum jedoch, wie es für diese in der Sonne gesetzt ist, sei gar nicht vorhanden.

Partialsysteme dieser Art existiren nun unläugbar, und zwar wie es scheint nach verschiedenen Abstufungen, in unserm Fixsterncomplex. Die Doppel- und mehrfachen Sterne, die man zu Tausenden am Himmel gefunden, bilden die unterste, Gruppen wie die grösseren Sternhaufen, deren meh-

rere auch dem blossen Auge sichtbar sind, eine höhere Ordnung dieser Systeme, oder lassen solche doch muthmassen. Aber so weit der Augenschein zu schliessen gestattet, ist noch nicht der zwanzigste Theil der Fixsterne eine solche Specialverbindung mit andern eingegangen.

Die Partialsysteme unserer Planetenwelt, die wir in dieser Beziehung hinreichend genau kennen, sind von einander und von den einzelnen Planeten durch mindestens hundertfach grössere Räume geschieden, als sie selbst am Himmel einnehmen, und was an einzelnen, unbegleiteten Planeten übrig geblieben ist, beträgt noch nicht $\frac{1}{300}$ der gesammten planetaren Massen, und nur etwa $\frac{1}{250000}$ der Masse des ganzen Sonnensystems.

Betrachten wir dagegen die Fixsternwelt, so ergiebt schon der Totalüberblick, auch ohne in eine specielle Untersuchung der Bewegungen einzugehen, dass Gruppenbildung hier nur als seltne Ausnahme, Isolirung dagegen als die Regel erscheint. Wir wissen noch wenig oder nichts von den Massen der Fixsterne; wir können nur sie zählen und ihren Glanz nach Graden bestimmen, allein gleichwohl ist eine wesentliche Verschiedenheit der Organisation zwischen Fixstern- und Planetenwelt unverkennbar. Unsre Sonne übertrifft mehrere Doppelsterne an Masse*) und ist gleichwohl ganz bestimmt ein einfacher, nur von dunklen Körpern begleiteter Stern. Aehnliches gilt von den meisten der helleren Sterne, und überhaupt finden sich Doppelsternsysteme unter den Sternen der ersten Klassen verhältnissmässig nur wenig häufiger, als unter denen der geringeren.

§. 212.

Unsre Kenntniss der Bewegungen in diesen Partialsystemen ist, wenigstens für die unterste Klasse derselben, hinreichend vorgeschritten, um in einzelnen Fällen die Frage, welches Gesetz sie lenke, genügend beantworten zu können. Für ζ Ursae majoris, γ Virginis, und noch einige

*) Die näheren Nachweise dieser und andrer hier aufgestellten Behauptungen können, in der Gegenwart wenigstens, nur in einer ausführlichen streng wissenschaftlichen Erörterung gegeben werden. Hier kann ich in dieser Beziehung nur auf die oben §. 190. Anmerkung genannten beiden Werke verweisen, in welchem alles dies vollständig und zugleich möglichst gemeinfasslich dargelegt ist.

andre dieser Systeme, hat sich mit Bestimmtheit das *Newton*sche Bewegungsgesetz herausgestellt, wodurch alle Bedenken, die man gegen die Allgemeinheit desselben, aus dem hier mangelnden Gegensatze von Selbstleuchten und Beleuchtetwerden, erhoben hat, entschieden beseitigt sind. Mögen sich dunkle Körper um dunkle, dunkle um leuchtende, leuchtende um leuchtende, oder endlich leuchtende um dunkle bewegen, das Bewegungs*gesetz* hat mit allen diesen Beziehungen nichts zu thun und wird nicht im Geringsten durch sie modificirt. Wenn nun also von dieser Seite keine Beschränkung anzunehmen ist, können wir eine andere postuliren? Können wir einen Unterschied machen zwischen Fixsternen, *die* dem *Newton*schen Gesetz unterworfen, und andern, die ihm *nicht* unterworfen sind? Ist ein solcher Unterschied wahrscheinlich, oder überhaupt nur zulässig?

Das in Rede stehende Attraktionsgesetz, wo es thatsächlich waltet, da waltet es allgemein und ohne Grenze. Die weltgeschichtlich gewordene Entdeckung des Neptun hat gezeigt, dass dieselbe Form des Gesetzes für die äussersten, wie für die innersten, Glieder des Systems gültig sei. Da sich nun für die oben erwähnten Partialsysteme der Fixsternwelt dasselbe Gesetz *ohne* Modification nachweisen lässt, da wir je länger desto mehr uns überzeugen, dass auch die Bewegungen der übrigen Partialsysteme nach diesem Gesetze darstellbar sind, so wird man, was den einzelnen Theilen zukommt, auch dem Ganzen zuschreiben müssen.

Diese *Newton*sche Attraktionstheorie aber fordert für ein System von Körpern nichts weiter, als einen allgemeinen *Schwerpunkt*, auf den alle übrigen Bewegungen sich beziehen. Es ist keinesweges unbedingt nothwendig, dass ein bestimmter Hauptkörper diesen Schwerpunkt *materiell* erfülle, und noch weniger, dass dieser Körper an Masse die Summe aller andern *überwiege*. Streng genommen ist dies selbst im Sonnensystem nicht absolut war. Denn der Schwerpunkt des gesammten Planetensystems fällt öfter *ausserhalb*, als *innerhalb* des Sonnenkörpers und kann mit dem *Mittelpunkte* des letztern vollends nur in einzelnen Momenten zusammenfallen, nur dass er allerdings sich nie weit von der Sonne entfernt. Bei den Doppelsternen aber ist eine auch nur annäherungsweise Statt findende Congruenz mit einem der Glieder desselben vollends gar nicht anzunehmen, und ein solches Massenübergewicht des Centralkörpers, wie wir es uns zu denken gewohnt sind, nur unter den allergezwungensten

und unwahrscheinlichsten anderweitigen Voraussetzungen möglich. Wenn wir also, wie in derartigen Untersuchungen es immer rathsam sein wird, das Zufällige und blos Mögliche vom Nothwendigen trennen und zunächst nur das Letztere ins Auge fassen wollen, so haben wir vorerst gar nicht den Centralkörper, sondern den Schwerpunkt des Fixsternsystems zu suchen, und erst nach dieser Untersuchung wird es sich möglicherweise herausstellen, ob dieser so gefundene Schwerpunkt ein blos virtueller oder ein mit Masse erfüllter materieller sei, und in letzterm Falle, was ihn erfülle oder bezeichne. Es wird also bei dieser Untersuchung vor der Hand ganz gleichgültig sein, welcher Fixstern der hellste ist, da einerseits die uns erscheinende Helligkeit uns über seine Grösse und Masse gar nichts lehrt und andererseits der Schwerpunkt nicht nothwendig an eine einzelne Masse geknüpft ist.

§. 213.

Die den Himmel allseitig umgebende Milchstrasse ist keine blosse Sternschicht, wie man sonst wohl annahm, sondern ein grosser, mit Millionen Sternen erfüllter Ring, oder noch wahrscheinlicher ein System von concentrischen Sternenringen. Die übrigen, von diesen Ringen umschlossenen und uns einzeln sichtbaren Fixsterne sind der Zahl nach unbeträchtlich gegen die in ihnen befindlichen, und diese einzelnen Sterne gruppiren sich ziemlich symmetrisch um die Ebene der Milchstrasse herum. Ein hinreichender Fingerzeig, dass wir den Schwerpunkt der isolirt erscheinenden Fixsterne eben da zu suchen haben, wo der der Milchstrassenringe liegen muss, oder vielmehr, dass wir das eine von dem andern gar nicht zu trennen und für den gesammten Complex, bis zu den äussersten Grenzen der Ringe hin, denselben allgemeinen Schwerpunkt setzen müssen. Es wird nun zunächst darauf ankommen zu bestimmen, welche Lage unsere Sonne in diesem allgemeinen Complex einnehme.

Stellen wir uns in Gedanken in das Centrum dieses Ringes, oder dieses Systems von hinter einander liegenden concentrischen Ringen, so folgt, dass wir dasselbe als grössten Kreis, oder doch höchstens nur mit denjenigen lokalen Abweichungen welche die physischen Ungleichheiten des Ringes selbst bedingen, am Himmel erblicken müssten. Wir würden ferner nur einen der Ringe sehen, oder zu sehen glauben, da sie alle perspectivisch hintereinander

liegen und der innerste die übrigen deckt. Endlich würde, falls nicht eine specielle physiche Ursache den Sternen der einen Seite eine grössere leuchtende Kraft verliehen hätte, als denen der entgegengesetzten, was durchaus unwahrscheinlich ist, die Lebhaftigkeit des Glanzes dieser Milchstrasse rings herum die gleiche sein.

Nichts von allem diesem realisirt sich für unsern Standpunkt. Die Milchstrasse theilt unser Firmament in zwei etwas ungleiche Hälften, deren Areal sich etwa wie 8 : 9 verhält; In der kleinern Hälfte liegt der Frühlings-, in der grössern der Herbstpunkt oder um es genauer zu bezeichnen; die Pole des Milchstrassenrings liegen in den Sternbildern Wallfisch und Jungfrau. Wir schliessen hieraus, dass wir nicht in der Ebene der Milchstrasse uns befinden, sondern ausserhalb derselben nach der Seite des Herbstpunktes hin.

Wir finden zweitens die Milchstrasse zwar dem grössten Theile nach (auf etwa 3/5 ihres Zuges) einfach, in dem übrigen Theile dagegen doppelt. Die perspectivische Deckung der Ringe findet also für uns nur an einer Seite Statt, während dieselben an der entgegengesetzten optisch auseinandertreten und uns einen Zwischenraum gewahren lassen. Wir schliessen hieraus, dass wir der letztern Seite (dem getheilt erscheinenden Zuge) näher stehen, als der gegenüberliegenden. Die Mitte des getheilten Zuges fällt in den Scorpion, und der für uns nähere Punkt der Milchstrasse liegt also nach diesem Sternbilde zu.

Endlich zeigt auch dieser Gürtel im Scorpion und nahe herum, namentlich in der Gegend des südlichen Kreuzes, einen überaus lebhaften Glanz, verglichen mit dem, welcher im Perseus, dem Stier und Orion sich zeigt. Auch dies führt uns auf eine excentrische Lage unsrer Sonne, in demselben Sinne wie die vorige Wahrnehmung.*)

Wenn also die Seite der Herbstnachtgleiche und ein dem Bilde des Scorpions näher als jeder andern Gegend der Milchstrasse liegender Punkt die Lage bezeichnet, welche unsrer Sonne in Beziehung auf den Centralpunkt zukommt, so werden wir, um von unsrem Standpunkte aus diesen Centralpunkt zu treffen, das Auge nach der entgegenge-

*) Die zuverlässigsten und ausführlichsten Angaben über Lage, Gestalt und Glanz der Milchstrasse verdanken wir den beiden *Herschel*. Namentlich hat *Herschel* der Sohn uns mit den südlicheren Strecken derselben genauer bekannt gemacht, und seinen Zeichnungen und Beschreibungen ist das Obige entnommen.

setzten Seite des Himmels zu wenden haben, also nach einer Linie, die aus der Gegend des Frühlingsnachtgleichenpunkts nach der Milchstrasse im Sternbilde des Stieres führt.

Damit ist nun allerdings die betreffende Gegend nur im rohesten Umriss bezeichnet, wie es die Beschaffenheit der zum Grunde liegenden Daten nicht anders erwarten liess. Für die speciellere Untersuchung bleibt immer noch ein weiter Spielraum frei, so dass diese wenigstens von der Grenze des Orion bis zu denen des Perseus und vom Widder bis zum Anfang der Zwillinge hin, ausgedehnt werden muss, wenn nicht noch von einer andern Seite her es gelingen sollte, das Feld in die hier so wünschenswerthen engeren Grenzen einzuschliessen.

§. 214.

Hierzu nun scheinen die §. 209. erwähnten Untersuchungen über die Richtung der Bewegung unserer Sonne Aussicht zu eröffnen. Könnten wir uns die Annahme gestatten, dass die Bewegung unserer Sonne einem Kreise angehöre, dessen Mittelpunkt das allgemeine Centrum ist, so würde dieses letztere 90° von jenem oben mit *O* bezeichnetem Punkte entfernt am Himmel angetroffen werden müssen, und man hätte nur um ihn herum einen grössten Kreis zu ziehen, auf den man die nähern Untersuchungen beschränken könnte. Da wir nun schon eine Region kennen, die den Schwerpunkt einschliesst, so würde nur der Theil jenes grössten Kreises, der in diese Region fällt (er zieht durch Perseus, die Andromeda und Pegasus), speciell zu untersuchen sein. Allein jene Annahme ist für jetzt noch zu misslich. Ist die Bahn unserer Sonne kein Kreis, so wird es nur zwei Punkte derselben (Aphelium und Perihelium) geben, wo die Richtung der Bewegung mit dem Radius Vector einen rechten Winkel macht; in allen übrigen resultirt ein spitzer oder stumpfer. Dann aber könnte möglicherweise jener Punkt selbst anders bestimmt werden müssen, wenn sich ein bestimmtes Gesetz der Fixsternbewegungen fände. Aus diesem Grunde können wir hier von jener Bestimmung noch keinen direkten Gebrauch machen. Weiterhin, bei Betrachtung der Bewegungsrichtungen, wird sie uns dagegen von wesentlichem Nutzen sein.

§. 215.

Da wir, wie oben gesagt, nicht im Voraus wissen können, ob und welche Masse sich im Schwerpunkte befinde,

so können wir auch die Analogieen, welche sich für die Bewegungen im Sonnensystem aus den *Kepler*schen Regeln ergeben, nicht ohne Weiteres anwenden. Danach müssten nämlich in der Nähe des Centralpunkts die raschesten, und in grösserer Entfernung immer langsamere Bewegungen vorkommen; es würde sich also ein Stern (oder falls der Centralkörper ein dunkler wäre, irgend ein Punkt) ergeben, um den herum die raschesten Bewegungen sich zeigten und von wo aus nach allen Seiten hin sie abnähmen. Es findet sich kein solcher Punkt, weder in dieser Gegend, noch am ganzen übrigen Himmel. Nun aber ist es gar nicht denkbar, dass er sich den sorgfältigen Untersuchungen der Astronomen so lange hätte entziehen können; denn je rascher eine Fixsternbewegung ist, desto früher wird sie erkannt. Nur dem Umstande, dass man, bis *Bessel* und *Argelander* hin, von den Bewegungen der Fixsterne noch so überaus wenig wusste, ist es zuzuschreiben, dass man nicht längst das Unhaltbare dieser Annahme eingesehen und sie aufgegeben hat.

Nehmen wir den entgegengesetzten Fall. Der Schwerpunkt soll masselos, oder er und seine nähere Umgegend nicht stärker als alle übrigen Regionen der Fixsternwelt mit Massen erfüllt, diese also durch den ganzen sphärischen oder sphäroidischen Raum ganz oder nahezu gleich vertheilt sein. Alsdann werden gerade in der Nähe des Centralpunkts die langsamsten, in immer grösserer Entfernung dagegen stets raschere Bewegungen erfolgen.*)

*) Für den Fall eines sphärischen Raumes gestaltet sich der Nachweis ziemlich einfach. Die Attraktion ist proportional $\frac{m}{d^2}$, d. h. sie verhält sich direkt wie die Masse m und umgekehrt wie das Quadrat der Distanzen d. Sind aber die Massen durch den Raum gleich vertheilt, so werden innerhalb dieses Raums für jeden Punkt nur diejenigen Massen wirksam bleiben, die innerhalb einer mit seinem (zum Centralpunkt gezogenen) Radius Vector beschriebenen Kugel stehen, denn die Anziehungen der ausserhalb dieser Kugel liegenden heben sich für den betreffenden Punkt gegenseitig zu Null auf. Die Volumina dieser Kugeln verhalten sich wie die Cuben der Distanzen, und da wir die Massen gleich vertheilt annehmen, auch diese selbst wie d^3. Aus dem Verhältniss $\frac{m}{d^2}$ wird also hier $\frac{d^3}{d^2}$, also d selbst in einfacher Potenz, oder die Attraktion verhält sich innerhalb einer solchen Sphäre direkt wie die Distanz vom Mittelpunkte, während der Centralpunkt selbst in Ruhe ist. Aus dem zweiten *Kepler*schen Gesetz $T^2 M : t^2 m = D^3 : d^3$ wird aber hier, da $M : m = D^3 : d^3$, das Gleichheitsverhältniss $T = t$, also die Umlaufs-

Nehmen wir einen Zwischenfall, und geben dem Centralpunkt eine Masse, die zwar nicht Alles überwiegt, die aber doch einzeln genommen nicht unbedeutend im Vergleich zum Ganzen ist. Dann wird, vom Centrum ausgehend, die Attraktion bis zu einem gewissen Punkte hin abnehmen, von da an aber weiterhin zunehmen. Ist das Verhältniss der Masse des Centralkörpers zur übrigen Gesammtmasse wie 1 : m, so wird der Punkt der kleinsten Anziehung $\frac{2}{\sqrt[3]{m}}$ vom Schwerpunkt entfernt sein (den Halbmesser des gesammten Fixsterncomplexes = 1 gesetzt.)

Sind einzelne Ungleichheiten in der Massenvertheilung vorhanden, so werden diese eine störende Wirkung äussern und die Bewegungen an einzelnen Punkten etwas beschleunigen, an andern etwas verzögern.

Wenn ferner, wie es den Anschein hat, die äussersten (Milchstrassen-) Regionen erheblich dichter als die innern mit Masse erfüllt sind, so werden die Bewegungen der entferntern Sterne noch mehr, als in der homogenen Kugel, beschleunigt werden müssen.

So ist uns in den Bewegungen der Sterne, ihrer Quantität nach mit einander verglichen, ein Mittel geboten, nicht allein zur Kenntniss des Centralpunktes selbst zu gelangen, sondern auch in der Folge den Betrag der ihn erfüllenden oder zunächst umgebenden Massen, so wie die Vertheilung derselben durch den Fixsternraum und die allgemeine Configuration des letztern, kennen zu lernen. Es frägt sich nun, ob und wie dieses Mittel in Anwendung zu bringen sei.

§. 216.

Um aus den vorhandenen Beobachtungen die Quantität der Bewegung für einen gegebenen einzelnen Stern zu bestimmen, müssten wir erstens seine Entfernung wissen, um die Winkelgrösse in eine lineäre verwandeln zu können. Wir müssten zweitens den Betrag der Sonnenbewegung und ihre Richtung kennen, um diesen blos scheinbaren Theil in Abzug zu bringen, und die Bewegung des Sterns so zu erhalten, wie sie von einem ruhenden Standpunkte aus erscheinen würde. Wir müssten drittens wissen, unter

zeiten sind alle einander gleich und von der Distanz unabhängig. — Im Sphäroid aber, und in jeder andern hier möglicherweise anzunehmenden Form, gestaltet sich das Verhältniss nahezu ebenso, wenn anders der Raum gleichmässig mit Massen erfüllt ist.

welchem Gesichtswinkel wir die Bewegung erblicken, da hiervon die perspectivische Verkürzung derselben abhängt, die wir gleichfalls zu eliminiren haben. Dies würde uns endlich die wahre lineäre (also z. B. in Meilen auszudrückende) Geschwindigkeit der Bewegung eines Sterns geben.

Nur in äusserst wenigen Einzelfällen kann gegenwärtig die erste dieser Reduktionen, in keinem einzigen die zweite und dritte, selbst nur annäherungsweise, ausgeführt werden. Unsrer Aufgabe würden sich also unüberwindliche Schwierigkeiten entgegenstellen, wenn nicht gerade das, was auf den ersten Anblick sie unabsehbar weitläufig macht, die grosse Anzahl der Fixsterne nämlich, uns eine Möglichkeit an die Hand gäbe, unser Ziel dennoch zu erreichen.

Wir werden nämlich nach allen Gegenden des Himmels hin Sterne haben, die uns näher, und andere, die uns entfernter stehen. Aus einer grössern Anzahl von Sternen, auch ohne die Entfernungen im Einzelnen zu kennen, wird also stets eine gewisse Durchschnittszahl resultiren und diese Durchschnittszahl nach allen Gegenden hin so ziemlich die gleiche sein, besonders dann, wenn man sich auf Sterne beschränkt, die nicht den fernen Milchstrasseuringen angehören, sondern durch ihre Augenfälligkeit zu der Annahme berechtigen, dass sie nicht in gar zu grossen Distanzen stehen. Die gleiche, auf den allgemeinen Durchschnitt basirte, Annahme wird aber auch in den beiden andern Beziehungen statthaft sein, insbesondere wenn man um einen gewissen Punkt herum die zur Vergleichung zu ziehenden Regionen concentrisch gegen einander abgrenzt, wodurch am sichersten die partiellen Abweichungen, die nach der einen oder der andern Seite hin stattfinden, aufgehoben werden.

Das unschätzbare Verzeichniss von 3222 Sternörtern, welches wir dem grössten Astronomen des vorigen Jahrhunderts, *Bradley*, verdanken, und welches *Bessel's* Bearbeitung uns zugänglich gemacht hat*), setzt uns durch seine Vergleichung mit den neuesten, um fast ein Jahrhundert späteren, Beobachtungen in den Stand, für die meisten der darin enthaltenen Sterne mit mehr oder minderer Wahrscheinlichkeit die Eigenbewegung abzuleiten. In meinen oben genannten ausführlichen Werken habe ich diese Ableitung für sämmtliche *Bradley*sche Sterne durchgeführt. Die angestellten Vergleichungen haben mich überzeugt, dass die einzige

*) Fundamenta astronomiae, ex observationibus viri incomparabilis *Bradley* deducta. Auctore *F. W. Bessel*. Regiomonti 1818.

Gegend des Himmels, in welcher der allgemeine Schwerpunkt angenommen werden kann, die der Plejadengruppe ist. Diese Gruppe also ist als dynamische Mittelgruppe zu betrachten, und die grosse Fülle glänzender Sterne in derselben, die als beispiellos am ganzen übrigen Himmel dasteht, lässt uns kaum eine andre Wahl als den Centralpunkt in diese Gruppe selbst zu setzen. Den optischen Mittelpunkt dieser Gruppe aber bildet der augenfällig hellste Stern derselben, Alcyone. Will man also die Benennung Centralsonne an einen einzelnen Stern knüpfen, so hat dieser unter allen übrigen der Gruppe die grösste Wahrscheinlichkeit für sich.

In diesem Sinne also habe ich die obige Benennung auf η Tauri (Alcyone) beziehen zu müssen geglaubt. Nicht als ob ich wähnte, der Schwerpunkt des gesammten Systems falle nothwendig und bleibend in seinen Körper oder gar in dessen Mittelpunkt. Wir dürfen zwar annehmen, dass er einer der grössern und massenhaftern Sterne sei. Aber selbst wenn er in dieser Beziehung jeden andern einzelnen Stern übertreffen sollte (was ich als eine blosse Möglichkeit setze), so würde ihm in keinem Falle ein Uebergewicht zugeschrieben werden können, ähnlich dem, welches unsrer Sonne als Centralkörper zukommt. Denn die Vergleichungen, die ich weiterhin ihrem allgemeinen Resultat nach anführen werde, zeigen uns auf die unzweideutigste Weise, dass von ihm aus nach allen Seiten hin, die Bewegungen, anfangs langsam und unmerklich, weiterhin immer stärker, an Quantität zunehmen. Je kleiner aber sein Massenübergewicht ist, einen desto grösseren Spielraum wird man in der Lage des Schwerpunkts auf ihn bezogen, annehmen müssen. Vielleicht setzt nur die sehr grosse, in die Millionen gehende Anzahl der Fixsterne seinen Schwankungen engere Grenzen, indem sie nicht leicht gestatten wird, dass sich nach einer Seite hin ein merkliches Uebergewicht für eine gegebene Zeit bilden kann. Vielleicht ist die Masse der Plejadengruppe grade gross genug, um den Schwerpunkt nie aus ihren Grenzen rücken zu lassen und in diesem Umstande dasjenige zu suchen, was man als Stabilitätsprincip des Fixsternsystems bezeichnen könnte. Doch ich mag der Zukunft nicht mit Muthmassungen vorgreifen, die ich mit keinen haltbaren Gründen zu belegen vermag, und übergehe deshalb eine Menge andrer, an sich selbst höchst interessanter Fragen, die sich an unsre hier aufgestellte Thesis knüpfen würden und die den kommenden Jahrtausenden ein unendliches Feld der Forschung eröffnen.

§. 217.

Ist die bezeichnete Gruppe wirklich die Centralgruppe, so kann sie selbst als Ganzes keine fortschreitende eigne Bewegung innerhalb des Fixsternsystems haben, und nur äusserst langsame, sich gegenseitig aufhebende Bewegungen um den allgemeinen Schwerpunkt können für die einzelnen Glieder derselben sattfinden. Wir können also, ähnlich wie wir, von der Erde aus, an unsrer Sonne nur die Bewegung unsrer Erde selbst abgespiegelt erblicken, auch, von unserm Sonnensystem aus, an der Plejadengruppe nur das Spiegelbild der Sonnenbewegung sehen. Die Richtung der letztern ist uns gegeben, und damit das Mittel, für jeden andern Punkt die Bewegungsrichtung zu bestimmen, welche er für uns zeigen müsste, wenn er selbst in Ruhe wäre. Es ist dies also die erste Probe, welche unsre Theorie bestehen muss, und glücklicherweise hat *Bessel* uns mit zahlreichen und höchst genauen Beobachtungen für 53 Plejadensterne beschenkt, unter denen 15 von *Bradley* wiederholt beobachtet sind. Ich habe aber, wie auch bei allen andern bei dieser Arbeit benutzten Sternen, mich nicht mit einer blossen Vergleichung zwischen *Bradley* und *Bessel* begnügt, sondern (in dem mehrerwähnten Werke über die Fixsternsysteme) sämmtliche mit guten Instrumenten und von zuverlässigen Beobachtern herrührende Ortsbestimmungen gesammelt, reducirt und nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet. Das Resultat der Rechnung folge hier.

Von *Bradley* beobachtete Plejadensterne.

Name.	Ort für 1840. in AR.	Ort für 1840. in Decl.	Eigenbewegung. Quantität.	Eigenbewegung. Richtung.	Richtg. erzeugt durch Sonnenbewegung.	Abweichung.
Celeno .	53° 58′ 26,″3	+ 23 48′ 47,″5	7,″2	152,° 7	156,°9	— 4,°2
Electra .	53 59 32, 1	23 38 14, 6	4, 9	160, 8	156, 9	3, 9
m	54 3 18, 4	24 21 50, 4	5, 6	174, 9	157, 0	17, 9
Taygeta	54 4 19, 4	23 59 32, 4	4, 6	172, 4	157, 0	15, 4
Maja . .	54 13 37, 9	23 53 40, 5	4, 9	158, 2	157, 1	1, 1
Asterope	54 14 42, 8	24 4 53, 9	5, 7	142, 7	157, 1	14, 4
l	54 16 47, 9	24 3 19, 7	3, 9	196, 5	157, 2	39, 3
Merope .	54 21 29, 5	23 28 36, 3	5, 5	167, 3	157, 1	10, 2
p	54 36 37, 4	23 28 52, 2	4, 5	135, 9	157, 3	—21, 4
Alcyone .	54 38 38, 6	23 38 13, 4	4, 7	160, 2	157, 4	2, 8
(522)	54 52 5, 6	22 57 21, 3	6, 4	189, 6	157, 5	32, 1
(523)	54 53 37, 8	23 52 48, 1	9, 9	182, 9	157, 6	25, 3
26 Tauri	55 0 39, 8	23 23 38, 4	6, 1	153, 4	157, 6	— 4, 2
Atlas . .	55 3 45, 4	23 35 25, 1	5, 9	185, 8	157, 7	28, 1
Plejone .	55 4 3, 3	23 40 25, 7	7, 5	176, 2	157, 7	18, 5
Mittel aus 15 Sternen . . .			5,″82	167,°23	157,°27	+ 9,°96

Der optische und (wenn man den Glanz beachtet) auch dynamische Mittelpunkt der Gruppe ist Alcyone und für diesen Stern ist die Bewegung nur 2°,8 (im Bogen ¼ Sekunde) von derjenigen Richtung abweichend, welche die Sonnenbewegung allein fordert. Aber auch die andern Abweichungen sind auffallend gering, denn die beiden stärksten von 39°,3 und 32°,1 gehören Sternen an, für welche *Bradley* wenige und unvollständige Beobachtungen hat, die folglich grössere Fehler erwarten lassen. Beachtet man die Kleinheit der Bewegung, so könnte es fast Bewunderung erregen, dass die unvermeidlichen Beobachtungsfehler nicht grössere Abweichungen in der Richtung übrig gelassen haben, zumal auch der Punkt der Sonnenbewegung noch keineswegs bis auf den Grad genau bestimmt ist.

Die erste Bedingung ist also für Alcyone sowohl als für die Gruppe im Ganzen erfüllt, und wir haben es der ausgezeichneten Genauigkeit der Beobachtungen zu danken, dass eine so schöne Uebereinstimmung bei Veränderungen von so äusserst geringem Belange erzielt worden ist.

§. 218.

Bevor wir zu den weiter zu erfüllenden Bedingungen fortschreiten, wird es zweckmässig sein, eine andre benachbarte Gruppe, die Hyaden, gleichfalls zu betrachten, die zwar weit weniger gedrängt, als die Plejadengruppe, doch aber noch augenfällig genug sich heraushebt und in einer Gegend liegt, welche noch innerhalb der §§. 213. und 214. bezeichneten Grenzen fällt. — Aldebaran, der hellste Stern im Stier, gehört, seiner Bewegung nach, nicht eigentlich zu dieser Gruppe, sondern ist nur optisch mit ihr verbunden. Die Bezeichnungen der Rubriken sind in der obigen Bedeutung genommen, nur ist die Bewegung *r* die jährliche.

Name.	AR.	Decl.	*r*	φ	ψ	$(\varphi - \psi) = s$
δ^1 Tauri	63° 26′	+ 17° 10′	0″,126	105°,1	162°,7	— 57°,6
63 -	63 34	16 24	0, 030	(208, 3)	162, 7	
δ^2 -	63 43	17 4	0, 114	110, 0	163, 0	— 53, 0
δ^3 -	64 4	17 33	0, 150	105, 4	163, 4	— 58, 0
70 -	64 7	15 34	0, 052	90, 0	163, 1	— 73, 1
71 -	64 19	15 15	0, 099	103, 5	163, 2	— 59, 7
-	64 49	15 49	0, 105	100, 5	164, 3	— 63, 8
75 -	64 49	16 0	0, 043	293, 0	163, 8	+ 129, 2
76 -	64 50	14 23	0, 130	97, 8	163, 5	— 65, 7
^{1} -	64 52	15 36	0, 033	(132, 5)	163, 7	
^{2} -	64 53	15 31	0, 110	92, 7	163, 8	— 71, 0
79 -	64 58	12 41	0, 150	112, 3	163, 2	— 50, 9
80 -	65 15	15 17	0, 084	100, 2	164, 0	— 63, 8
81 -	65 23	15 20	0, 139	94, 1	164, 2	— 70, 1

Name.	AR.	Decl.	r	φ	ψ	(φ—ψ) = s
83 Tauri	65° 24'	13° 22'	0,″ 065	112,°6	163,°8	— 51,°2
84 -	65 31	15 45	0, 032	(158, 2)	164, 4	
85 -	65 41	15 30	0, 056	129, 9	164, 5	— 31, 6
ϱ -	66 12	14 30	0, 130	108, 9	164, 7	— 55, 8
89 -	67 11	15 42	0, 099	94, 5	165, 9	— 71, 4
o¹ -	67 20	15 29	0, 061	169, 6	166, 0	+ 3, 6
o² -	67 32	15 36	0, 032	(118, 2)	166, 2	

Anmerk. Bei den Sternen, deren Eigenbewegung unter 0″,04 ist, halte ich die Angabe nicht für sicher genug, um auch die Richtung der Bewegung mit einiger Annäherung zu bestimmen. Sie ist deshalb für die 4 Sterne: 63, ϑ^1, 84, o² Tauri nur in Parenthese beigesetzt und kein weiterer Schluss daraus gezogen.

Im Mittel ergiebt sich:

Jährliche Bewegung der Hyadengruppe 0″,0876

Richtung der Bewegung = ψ — 44°,9.

Mit dieser mittleren Richtung stimmen unter 18 Sternen 16 sehr gut überein, und die 2 dissentirenden gehören möglicherweise gar nicht zur Gruppe, sondern stehen hinter, wie Aldebaran vor derselben. Doch mögen künftige Beobachtungen hierüber entscheiden. — Rücksichtlich der Bewegungsquantität zeigt sich weit weniger Uebereinstimmung, als bei den Plejaden, doch sind auch hier die Beobachtungen weder so zahlreich noch so genau als bei jener Gruppe. Eine physische engere Verbindung, eine gemeinsame Bewegungsrichtung dieses Complexes, kann also zwar mit grosser Wahrscheinlichkeit angenommen werden, aber in keinem möglichen Falle eine bloss scheinbare, durch die Sonnenbewegung erzeugte, Fortrückung. da die Abweichung 44°,9 bei weitem zu gross ist. um irgend welchen Fehlern zugeschrieben werden zu können. Hier also ist der allgemeine Schwerpunkt ganz bestimmt nicht zu suchen.

§. 219.

Sind die Bewegungen in der Nähe des allgemeinen Schwerpunktes die schwächeren und namentlich schwächer als die unserer Sonne, so muss die zusammengesetzte Bewegung, wie sie sich als Resultat der wirklich eignen und durch die Sonnenbewegung erzeugten scheinbaren für uns herausstellt, von der durch letztere vorgeschriebenen Richtung um so weniger abweichen, je mehr die Sonnenbewegung überwiegt, d. h. je geringer die wahre eigene ist. Zieht man also um den supponirten Centralpunkt herum am Himmelsgewölbe

concentrische Kreise, so muss (allerdings nur im allgemeinen Durchschnitt, da die blos optisch grössere Nähe nicht auch bei jedem einzelnen Stern eine physisch geringere Entfernung andeutet) der jene Abweichung ausdrückende, oben durch (φ — ψ) bezeichnete Winkel von Region zu Region wachsen, wenn anders die Zahl der verglichenen Sterne gross genug ist, um die von der verschiedenen wirklichen Entfernung herrührenden Ungleichheiten verschwinden zu machen. In bedeutendem optischen Abstande vom Centralpunkte werden diese Abweichungen anfangs langsamer und endlich gar nicht mehr zunehmen, da hier die Sterne, welche eine raschere Bewegung als unsere Sonne haben, sich mehr und mehr anhäufen müssen, dergestalt, dass alle Winkel von 45° an etwa gleich häufig vorkommen. Abweichungen von 90° oder darüber können in den innern Regionen gar nicht, oder doch nur ausnahmsweise bei solchen Sternen vorkommen, welche über doppelt so weit als der Centralpunkt von uns stehen, jedenfalls also nur eine schwache Winkelbewegung zeigen können. Würde in diesen innersten Regionen auch nur ein einziger Stern von etwas beträchtlicher und mehr als 90° von der oben durch ψ bezeichneten Richtung abweichender Bewegung gefunden, so würde ein solcher unsern angenommenen Centralpunkt als unstatthaft bezeichnen.

Es muss aber auch die mittlere Quantität der beobachteten jährlichen Veränderung von Region zu Region wachsen. Denn wenn in einem System von Bewegungen diese aus je zweien dergestalt zusammengesetzt sind, dass die eine Bewegungs-Componente sich durchschnittlich gleich bleibt, die andere dagegen einem bestimmten Gesetze folgend wächst, so muss auch die aus beiden zusammengesetzte Bewegung nach eben diesem Gesetze, wenn gleich in geringerem Verhältnisse, wachsen. Es muss daher nachweisbar sein, dass ein solches Wachsen sowohl der durchschnittlichen, als auch, einzeln genommen, der stärksten Bewegungen, von Region zu Region hin, Statt finde, stets unter der Voraussetzung, dass die Zahl der verglichenen Sterne gross genug sei, um einerseits nicht durch die speciellen Differenzen das Resultat vereitelt zu sehen, andererseits die aufgestellte Reihenfolge, nicht einem blossen glücklichen Zufalle zuschreiben zu können.

Es würde gewiss von grossem Interesse sein, die Bewegungen möglichst zahlreicher Sterne in allen Regionen des Himmels zu diesem Behufe vergleichen zu können. Aber diese Aufgabe scheitert an der Unmöglichkeit der Durchführung, wenigstens für den Einzelnen. Wollte man auch die Kräfte Mehrerer vereinigen, so würden dennoch reichlich $^8/_{10}$ des

Firmaments übrig bleiben, da jenseits des — 25° nur wenige Eigenbewegungen mit einiger Zuverlässigkeit bekannt sind, indem die südliche Halbkugel sich im 18. Jahrhundert noch keines *Henderson* und *Maclear* erfreute. — Man wird deshalb sich mit dem in der Gegenwart Möglichen und Ausführbaren begnügen müssen und es den trefflichen Arbeiten *Bradley's* zu danken haben, dass unsere Aufgabe nicht dem 20sten oder einem noch späteren Jahrhundert ganz und gar überlassen werden muss.

§. 220.

Ich habe, um in keiner Art eine Willkür bei Auswahl der zu vergleichenden Sterne eintreten zu lassen, aus dem Bradley-schen (für 1755 geltenden) Catalog alle Sterne und keine anderen zur Berechnung hinzugezogen. Sie sind mit wenigen Ausnahmen von *Piazzi* (1800), die meisten auch von neueren guten Beobachtern, wiederholt bestimmt worden. An der vollen Zahl fehlen 86; nahezu die Hälfte von ihnen sind Doppelsterne, bei *Bradley* unter zwei Nummern aufgeführt, die hier aber ihres physischen Zusammenhanges wegen nur als ein Stern betrachtet werden durften. Für 50 andere waren entweder neuere Beobachtungen nicht vorhanden oder die Bradley'sche Bestimmung unvollständig und unbrauchbar. Eben so ist die Plejadengruppe nur mit dem Gewicht Eines Sterns nach ihrer Gesammtbewegung in Rechnung gebracht, und ein Gleiches gilt von der Hyadengruppe.

Der Bradley'sche Catalog reicht im Allgemeinen bis zu 30° südlicher Declination. Zieht man also um Alcyone an der Himmelskugel concentrische Kreise von 10° zu 10° Abstand, so wird schon die 6. Region mit einem geringen Theile ikres Areals in Gegenden reichen, deren Sterne nicht in unserm Cataloge vorkommen; und weiterhin wird dies in immer stärkerem Maasse der Fall sein. Für unsern Zweck sind aber die 6 ersten Regionen auch die wichtigsten. In den übrigen können nämlich Sterne, die dem Centralpunkte näher stehen als wir, nur noch sehr sparsam und von der 9. Region an gar nicht mehr vorkommen; eine Zunahme der Distanzen und Richtungsabweichungen also nur in den 6 ersten deutlich hervortreten. Ich gebe sie gleichwohl insgesammt, trenne jedoch in den weiter folgenden Schlüssen die 6 innern Regionen von den 12 andern unvollständigen. Diejenigen, für welche sich keine neuere Ortsbestimmung in den öffentlich bekannt gemachten Catalogen fand, wurden in den Jahren 1845—52 auf der Dorpater Sternwarte bestimmt. Die einzelnen Resultate, auch selbst in der obigen blos tabellarischen Form, können

hier keinen Platz finden; ich verweise in dieser Beziehung auf die ausführlicheren Werke und gebe nur die Durchschnittszahlen für die verschiedenen Regionen, welche von 10° zu 10° Abstand angenommen sind.

Regionen.	Zahl der Sterne.	Mittlere Secular-Bewegung.	Zahl der Sterne.	Mittlere Richtungsabweichung	Stärkste Bewegung in der betreffenden Region.	Anzahl der Abweichungen über 90°	Dieselbe Anzahl nach Procenten.
1	45	7'',74	32	39°,98	25'',3	1	3
2	100	8, 20	70	46, 43	53, 6	8	11
3	189	9, 78	128	55, 45	119, 9	27	21
4	204	9, 79	170	56, 86	409, 1	48	27
5	269	10, 41	171	61, 72	383, 3	51	30
6	275	11, 97	186	62, 59	208, 8	55	30
				Unvollständige Regionen.			
7	273	10, 03	185	61, 19	113, 3	46	25
8	246	10, 95	180	67, 95	192, 5	58	32
9	277	10, 89	201	62, 75	527, 8	54	27
10	218	9, 71	156	68, 80	73, 8	42	27
11	221	9, 56	139	58, 01	78, 9	33	24
12	163	11, 71	120	67, 97	117, 4	41	34
13	163	12, 51	125	63, 23	118, 0	33	26
14	123	12, 07	89	61, 90	225, 7	25	28
15	92	10, 01	63	58, 92	131, 6	13	21
16	87	13, 33	71	61, 21	113, 2	19	27
17	58	9, 16	43	54, 41	59, 8	10	23
18	44	7, 30	28	47, 27	72, 0	4	14

Es bezeichne ζ den Abstand vom Centralpunkte im Bogen der Himmelskugel, so geben die Zahlen der 3. Columne folgende Formel für die 6 vollständigen Regionen:

$$r = 6'',916 + 5'',700 \sin \zeta$$

mit den Abweichungen

$+ 0'',29; - 0'',19; + 0'',45; - 0'',40; - 0'',53; + 0'',38;$

also die grösste Abweichung = $^1/_8$ der grössten Differenz.

Die fünfte ergiebt

$$s = 37^\circ,957 + 33^\circ,226 \sin \zeta$$

mit den Abweichungen

$- 0^\circ,87; - 0^\circ,13; + 3^\circ,45; - 0^\circ,15; + 0^\circ,27; - 2^\circ,58.$

Die stärkste Abweichung = $^1/_7$ der stärksten Differenz.

Die siebente Columne zeigt die augenfälligsten Abweichungen.

Für $\zeta = 0$ muss die Anzahl nach Procenten gleichfalls Null werden; die Formel wird

$$p = 25'',92 \sin \zeta + 9,59 \sin 2 \zeta$$

wobei 9 Regionen mitgenommen sind. Die Abweichungen:
—8,8; —0,1; +2,8; +2,9; +2,0; —0,1; —5,9; +2,4; —0,6.

Indess könnte hier bemerkt werden, dass die Anzahl der vorkommenden Fälle überhaupt nur sehr mässig sei, der Zufall also hier möglicherweise eine grössere Rolle als bei den übrigen Reihen gespielt habe. Ich habe deshalb die Zahl der Fälle untersucht, in denen die Abweichungsrichtung ihren mittleren Werth (63°,04) übertrifft, und finde

in Region	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	
überhaupt	4	16	33	65	75	78	71	76	82	Fälle,
nach Pct.	12,5	22,9	25,8	36,3	43,8	41,9	38,3	42,2	40,8;	

darstellbar durch

$$p' = 8,4 + 29,1 \sin \zeta + 10,7 \sin 2 \zeta$$

mit den Abweichungen
— 0,3; + 1,6; — 3,1; + 1,0; + 4,0; — 0,4; — 0,4; — 4,7; + 0,3; + 1,6.

Die stärkste Abweichung ist also 1/6 der grössten Differenz.

§. 221.

Diese Fortschreitung der drei Reihen ist eine solche, wie sie nach dem Obigen erwartet werden muss. Sie zeigt, dass alle dort angegebenen und zu erfüllenden Forderungen durch die Beobachtungen auch als wirklich erfüllt nachgewiesen werden können. Sie würde sogleich an Regelmässigkeit verlieren, wenn man den Centralpunkt, statt ihn in Alcyone zu setzen, auch nur um 4 bis 5° nach irgend einer Seite hin entfernt annehmen wollte, und ganz verschwinden, wenn man irgend einen andern Punkt des Himmels wählte, wie freilich hier nicht näher ausgeführt werden kann. Ausserdem aber müsste, wenn der Schwerpunkt blos in die Nähe der Plejadengruppe und nicht in diese selbst fiele, die gedachte Gruppe eine selbsteigene Bewegung um diesen Schwerpunkt haben, und man müsste erwarten, dass eine solche sich durch die Abweichung der Bewegungsrichtung verriethe. Nach den §. 217 gegebenen Resultaten zeigt sich eine solche Abweichung nicht; die Beobachtungen harmoniren vollkommen mit einer Ruhe der Gruppe überhaupt und des hellsten, die Mitte einnehmenden Sterns Alcyone insbesondere; es vereinigt sich also Alles dahin, diese reiche und glänzende Sterngruppe, neben welcher das ganze Firmament nichts Aehnliches aufzuweisen

hat, als das allgemeine Bewegungscentrum anzunehmen für alle die Millionen Sonnen, mit Inbegriff ihrer eignen Systeme, und bis zu den entferntesten Regionen der Milchstrasse hin.

Es war nothwendig, einen eben so wichtigen als neuen Satz nicht ohne Weiteres als blosse Behauptung hinzustellen, sondern mindestens den Gang zu bezeichnen, den die desfallsige Untersuchung genommen hat, und denjenigen, der eine gründlichere Einsicht zu erlangen wünscht, zum Studium der mehrerwähnten grösseren Werke vorzubereiten. Es werden Zeiten kommen, wo der Beweis kürzer, einfacher, fasslicher als jetzt wird geführt werden können, und man wird über das Fixsternsystem einst vielleicht in eben so elementarer Weise sprechen, als gegenwärtig über unser Planetensystem. Wenn wir erst mehrere Parallaxen der Sterne durch direkte Messung bestimmt haben werden, so wird man noch ganz andere und viel umfassendere Kriterien als jetzt aufzuführen im Stande sein, und zugleich mit den Einzelheiten des Systems vertrauter werden, von denen jetzt nur erst ein so schwacher Anfang gegeben ist und die gleichwohl einen so unendlichen Reichthum der Thatsachen uns ahnen lassen.

Die vorstehend in ihren allgemeinsten Umrissen gegebene Theorie des Fixsternsystems enthält keineswegs, wie eine oberflächliche Betrachtungsweise wohl glauben machen könnte, ein neues Naturgesetz. Vielmehr ist sie nichts, als eine folgerichtige Anwendung des alten und allgemein bekannten. Die fortschreitende genauere Erforschung dieses grossen Organismus und seiner einzelnen Theile wird noch zu manchen bisher nicht versuchten Anwendungen eben dieses Gesetzes Veranlassung geben; denn die Formeln, zu deren Entwickelung uns die Verhältnisse des Planetensystems geführt haben, werden unzureichend befunden werden, wenn es gilt, die speciellen Beziehungen der Fixsterne zu einander (wie z. B. in den drei- und mehrfachen Sternen) darzustellen. Hoffen wir, dass der Eifer und die Beharrlichkeit, der Beobachter wie der Theoretiker, bei dieser als unendlich zu bezeichnenden Aufgabe nimmer ermüden möge! Noch einige Bemerkungen über die Bedenken und Einwürfe, welche von einigen Seiten gegen die hier in ihren Grundzügen entwickelte Lehre gemacht sind. Ueberall in den exacten Wissenschaften sind die Thatsachen der Beobachtung zu unterscheiden von ihrer Erklärung. Die ersteren habe ich in §. 220. übersichtlich zusammengestellt; das Uebrige ist meine Erklärung derselben. In diesem Falle ist der Gegner verpflichtet, entweder die Thatsachen selbst als unrichtig darzustellen oder eine andre Erklärung zu geben,

die besser als die von mir gegebene und also dieser vorzuziehen ist.

Keins von Beiden ist bisher geschehen, obgleich 20 Jahre seit meiner ersten Ankündigung verflossen sind und alle darauf bezüglichen Einzelheiten im Detail von mir veröffentlicht sind. Nun aber sind die beiden oben erwähnten Fälle die einzigen, in denen ich zu einer Antwort verpflichtet bin und antworten werde. — Genug davon.

§. 222.

Es ist noch nicht an der Zeit, irgendwie bestimmte Folgerungen über die weiteren sich hier darbietenden Fragen, wie Gestalt, Vertheilung und Lage der Bahnen, zu geben. Nur Einiges stehe hier als Versuch, aus den wenigen speciellen Thatsachen, die jetzt schon benutzt werden können, eine allgemeine Vorstellung von der äusseren Gestaltung des Fixsternganzen sich zu bilden. Folglich ist in diesem Paragraphen nicht von erwiesenen, sondern nur von wahrscheinlichen Resultaten die Rede.

Im allgemeinen Centrum steht eine Gruppe, dicht gedrängt und reich an grossen glänzenden Sternen, wie keine andere des gesammten Complexes. Ihr Schwerpunkt fällt mit dem Schwerpunkte des gesammten Fixsternhimmels zusammen, oder es lässt sich wenigstens gegenwärtig noch nichts über einen etwaigen Unterschied beider angeben. Am wahrscheinlichsten fällt er zusammen mit dem mittleren und augenfällig hellsten Sterne der Gruppe*), der also, wenn die Benennung „Centralsonne" jetzt noch eine Anwendung finden soll, unter allen übrigen Sternen den gegründetsten Anspruch darauf hat. Die Umlaufszeiten innerhalb dieses Systems dürften durchschnittlich auf etwa 2 Millionen Jahre sich stellen.

Zunächst um diese Gruppe, deren Durchmesser etwa auf den 40sten Theil ihrer Entfernung von unserer Sonne zu setzen ist, befindet sich ein verhältnissmässig sternarmer Raum, der sich bis in eine, etwa dem sechsfachen Durchmesser der Gruppe gleiche Entfernung nach allen Richtungen herum zieht, wo dann wieder eine reichere Zone beginnt.

Ob diese Zone sich in der Wirklichkeit ringförmig gestalte, von welcher Breite und Mächtigkeit sie sei u. dgl. m., dies werden erst spätere Untersuchungen mit Sicherheit er-

*) Eine eigenthümliche Volksbenennung der Alcyone ist die „Gluckhenne mit den Küchelchen", und als solche wird sie in der Lutherischen Uebersetzung des Buches Hiob (9, 9) aufgeführt.

örtern können. Mir ist es, nach den bis jetzt vorliegenden Thatsachen, wahrscheinlich, dass, von Alcyone und der Mittelgruppe an, nach allen Seiten sternarme und sternreiche Regionen auf einanderfolgend abwechseln, und dass diese Regionen sich vorherrschend ringförmig gestalten. Was unsere Sonne betrifft, so liegt sie höchst wahrscheinlich in einer sternarmen Gegend und gehört nur dem allgemeinen Verbande an, ohne sich mit anderen Sternen zu einer Gruppe, oder speciell zu einem Binarsysteme vereinigt zu haben.

Einige (weiterhin näher zu erwähnende) Thatsachen scheinen dafür zu sprechen, dass auch dunkle, mindestens uns unsichtbare Massen in diesem Complex vorhanden sind, und zwar nicht blos als sekundäre Fixsternbegleiter, wie die Planeten bei unserer Sonne, sondern auch selbstständig und vielleicht sogar leuchtende Körper um sich herumführend.*)

Einigermaassen lässt sich die Umlaufszeit der Sonne und annäherungsweise auch die der übrigen Fixsterne, wenigstens derer, welche nicht in gar zu verschiedenem Abstande vom Centralpunkte stehen, schon jetzt bestimmen. Die scheinbare Bewegung der Alcyone, von der Sonne aus gesehen, d. h. die wahre unserer Sonne von Alcyone aus gesehen, ist 5",82 in einem Jahrhundert. Ist diese gegenwärtige Winkelbewegung unserer Sonne gleich ihrer mittleren (was bei einer Kreisbahn genau, bei einer davon abweichenden nur annähernd der Fall ist), so erhalten wir 22½ Millionen Jahre, oder etwa das 132000fache der Umlaufszeit des äussersten der uns bekannten Planeten. — Ueber ihren Abstand wird sich Einiges ergeben, wenn wir die weiter folgenden Untersuchungen beendet haben werden.

Die Bahn unserer Sonne hat ferner eine Neigung gegen die jetzige Ebene der Erdbahn von 84° 0', ihr aufsteigender Knoten auf derselben liegt in 236° 58' der Länge und es werden beiläufig 200000 Jahre verfliessen, bevor die Sonne diesen Punkt erreicht.

---

*) Ausser dem, was bei den veränderlichen Sternen gesagt werden wird, scheint hier noch besonders die von *Bessel* hervorgehobene Thatsache herzugehören, dass nämlich die Bewegung des Sirius wie die des Procyon ungleichmässig sei, so dass neben der allgemeinen Bewegung noch eine besondere kleine von kurzer Periode (einige Jahrzehende etwa) bei ihnen sich zeige. Da sich diese doch wohl auf einen Körper in der Nähe beziehen muss und wir keinen solchen dort erblicken, so nimmt *Bessel* an, dass sich hier grosse dunkle uns unsichtbare Körper befinden, um welche die genannten Fixsterne eine uns sichtbare Bahn beschreiben. — Ein mehreres hierüber in dem Abschnitt über Doppelsterne.

Mögen nun diese inneren Regionen der Fixsternwelt sich ringförmig oder auf andere Weise gliedern, in keinem Falle bilden sie einen sphärisch erfüllten Raum. Vielmehr scheinen sie, auch ganz abgesehen von der Milchstrasse, eine ziemlich flache Schicht zu bilden, deren grosse Axe etwa mit der Ebene der Milchstrasse zusammenfällt. Die äussersten Theile dieser Region bilden übrigens ziemlich bestimmt einen Ring, denn hier häufen sich die Sterne 7ter bis 10ter und 11ter Grösse ungewöhnlich an, theils auf dem Grunde der Milchstrasse, theils nahe an ihren Grenzen hinziehend, welche grössere Anhäufung vorzugsweise in der südlichen Halbkugel, so wie auch auf der nördlichen im Sternbilde des Schwans und an einigen anderen Punkten stattfindet.

Der hier erwähnte Sternenring fällt zwar für den Anblick mit unbewaffnetem Auge ziemlich mit der Milchstrasse zusammen, da diese grössere Häufigkeit, in der nördlichen Halbkugel wenigstens, die mit blossem Auge sichtbaren Sterne nur wenig trifft und alles Uebrige nur als vereinigter Schimmer gesehen wird. Aber schon ein mässiges Fernrohr, ein Fraunhofer'scher Kometensucher z. B., zeigt die Sterne dieses Ringes mit hinreichender Deutlichkeit einzeln, während die weiter entfernte eigentliche Milchstrasse nur in sehr lichtstarken Fernröhren auflöslich ist. Diese besteht aus w e n i g s t e n s zwei hintereinander liegenden nahezu concentrischen Ringen mit einem, durch brückenartige Verbindungsglieder unterbrochenen, sternarmen Zwischenraume. Die Zahl der darin befindlichen und in *Herschel's* grösstem Teleskop noch sichtbaren Sterne schätzte er auf 18 Millionen.

Ob hinter diesen beiden Ringen, welche, wie oben bemerkt, auf der südlichen Halbkugel im Scorpion und dem südlichen Kreuz besonders glänzend erscheinen, und die auf $^2/_5$ ihres Zuges (vom Schwan bis in die Nähe des Südpols) uns getrennt erscheinen, noch mehrere ähnlicher Art sich hinziehen, vermögen wir nicht zu erforschen. Die Lage unserer Sonne im Fixsternsystem scheint eine solche zu sein, dass ausser der erwähnten Theilung perspectivisch keine weitere möglich ist, und das, was etwa noch jenseits des äussersten uns sichtbaren Ringes in ähnlicher Weise existirt, mit diesem zusammenfallen, oder vielmehr von ihm verdeckt werden muss.

Es scheint, dass ein unaufgelöster Lichtschimmer auch in den kräftigsten Instrumenten noch übrig bleibe, und solchergestalt das, was wir als einzelne Sternpunkte dort erblicken, keineswegs das Ganze sei. Kaum ist das anders zu erwarten, vollends wenn die so eben vorgetragene Muthmaassung von

noch mehreren hintereinander liegenden und sich perspectivisch deckenden Ringen in der Natur begründet sein sollte.

Wir gewahren in diesen Ringen Ungleichheiten, die keinesweges eine blos optische Erklärung zulassen. Einzelne Stellen sind breiter, glänzen stärker, zeigen anomale Ausbiegungen und Spaltungen u. dergl. Die brückenartigen Zwischentheile, durch welche sie unter einander verbunden sind, gewahrt man besonders in der glänzendsten Gegend des Zuges, dem Scorpion und südlichen Kreuze. Hier entstehen durch den Kontrast mit diesen Verbindungsgliedern dunkle Inseln, in denen Einige eine auffallende und abnorme Schwärze des Himmelsgrundes wahrgenommen haben. -- In der Volkssprache werden sie als Kohlensäcke bezeichnet. Wir erwarten noch bestimmteren Aufschluss darüber.

Wenn wir jene oben angegebenen 18 Millionen auch nur als ganz ungefähre Bestimmung gelten lassen und bedenken, dass die Zahl der übrigen, zur eigentlichen Milchstrasse nicht gehörenden und uns näher liegenden Sterne gleichfalls auf mehrere Millionen steigt; dass ferner diese Anzahl von mindestens 20 Millionen nur diejenigen Körper begreift, welche selbstleuchtend, und zwar stark genug selbstleuchtend, sind, um mit unseren Werkzeugen wahrgenommen werden zu können, während allgemeine wie besondere Wahrscheinlichkeitsgründe dafür sprechen, dass andere (dunkle oder schwach leuchtende) Massen in nicht unbedeutender Quantität sich neben jenen glänzenden dort befinden, so resultirt in der That eine Unendlichkeit für uns. Wer, selbst wenn unsere Werkzeuge sie deutlicher und nach ihren besonderen Eigenthümlichkeiten zeigen könnten, würde jemals es vermögen, sie alle einzeln zu kennen, zu erforschen, zu beschreiben?

„Nicht deutet, nicht zählt sie der ird'sche Verstand,
Sie sind nur allein ihrem Schöpfer bekannt."

§. 223.

Wenn uns das Bisherige über Form, Fülle und allgemeine Constitution der Fixsternwelt so weit, als es in der Gegenwart möglich ist, Aufschluss gegeben hat, so bleibt noch ein Hauptgegenstand übrig, ihre räumliche Grösse. Wir kennen die Dimensionen unserer Planetenwelt und sind im Stande, sie auf ein beliebiges, uns bekanntes Maass zu reduciren. Wir gelangten dahin, indem wir zuerst die Grösse der Erde selbst

durch direkte Messung und Beobachtung bestimmten, und hierauf, in der, den sichersten Erfolg versprechenden Weise, die Distanz des uns nächsten und, gleich unserer Erde, um die Sonne kreisenden Planeten in Erdhalbmessern feststellten. Hieraus ergab sich durch Anwendung der Bewegungsgesetze gleich folgerichtig auch die Distanz der Sonne und aller zu ihrem System gehörenden Körper. — Sind wir nun im Stande, bei den Fixsternen ein ähnliches Verfahren einzuschlagen, und bietet sich uns eine Basis, von der aus wir den nächsten Stern und durch dessen Hülfe auch die übrigen der Entfernung nach bestimmen können?

Und sollten sich, mit mehr oder weniger Bestimmtheit, einzelne hierauf bezügliche Resultate ergeben, wie sollen wir sie fasslich ausdrücken? Reicht die Meile, der Halbmesser des Erdkörpers, ja selbst der Halbmesser ihrer Bahn um die Sonne, noch hin, um solche Weiten anders als in ungeheuren, dem Vorstellungsvermögen des Erdbewohners nur schwer oder gar nicht mehr zugänglichen Zahlen anzugeben? Denn bei Betrachtungen dieser Art muss man gewärtig sein, auf Zahlen zu stossen, die zwar ohne Schwierigkeit multiplicirt, dividirt und in sonstiger Weise arithmetisch behandelt, aber nicht mehr begriffen werden können in dem Sinne, dass man eine klare sinnliche Vorstellung von ihnen gewinne.

In der That hat die Astronomie sich veranlasst gesehen, einen Maassstab einzuführen, der an Grossartigkeit seines Gleichen nicht hat, nämlich den Weg, den der Lichtstrahl in einer gegebenen Zeit zurücklegt. Vom Monde bis zur Erde (51000 Meilen) bedarf das Licht 2″,28, von der Sonne bis zur Erde 498″,2 (Zeitsekunden). Bei den entfernteren Planeten wachsen die Lichtzeiten zu Stunden an (vom Neptun zur Erde bedarf das Licht zwischen 4 und 5 Stunden Zeit); und bei den Kometen, die Jahrtausende zu ihrem Umlaufe gebrauchen, zu Tagen. Da wir nun die Zeit in Jahren, ja in noch grösseren Cyklen ausdrücken können und auszudrücken gewohnt sind, so haben wir einen Maassstab gewonnen, der uns selbst da, wo Millionen von Erdweiten, ja Billionen von Halbmessern der Erde auszudrücken sind, auf fassliche und bequem vergleichbare Zahlen führt: wir bestimmen die Zahl der Jahre, welche der Lichtstrahl gebraucht, um von einem gegebenen Stern zu unserem Auge zu gelangen.

Die Gleichförmigkeit dieses Massstabes ist auch keineswegs eine blos ideelle. Wir haben oben gesehen, dass es keinen Unterschied mache, ob der Strahl von einem mit er-

borgten oder mit eigenem, und wenn letzteres, mit schwächerem oder stärkerem Lichte leuchtenden Körper zu uns gelange. Wir erhalten also durch eine Bestimmung dieser Art nicht blos einen möglichst bequemen Ausdruck für die Entfernung selbst, sondern wir werden auch belehrt, dass das, was wir erblicken, sich auf einen Zeitpunkt bezieht, der so und so viele Jahre hinter uns liegt, dass folglich der betreffende Körper in der angegebenen Vorzeit wirklich, und zwar so, wie wir ihn jetzt erblicken, bereits existirte. Lernen wir nun auch durch diese Schlussfolge eben so wenig als durch die herausgebrachten Umlaufszeiten das Alter der Welt kennen, so gelangen wir doch in jedem bestimmbaren Falle zu einem Minimum für dieses Alter, zur Kenntniss der Dauer eines Abschnittes der Zeit, während welcher sie bereits existiren muss.*) Nach diesen Vorbemerkungen wollen wir nun dem Gegenstande selbst näher zu kommen suchen.

§. 224.

Unsere Erde nimmt von 6 zu 6 Monaten im Weltenraume Oerter ein, welche um den Durchmesser ihrer Bahn (41⅓ Millionen geographischer Meilen) auseinanderliegen. Dies ist also die grösste Verschiedenheit des Standpunktes, welche wir zur Messung anderer Entfernungen in Anwendung bringen können. An jedem zu bestimmenden entfernte Punkte werden diese Oerter einen von der Entfernung selbst abhängenden Winkel einschliessen, und dieser Winkel des Dreiecks ist es, welchen wir zu bestimmen haben. Er wird Einfluss auf den scheinbaren Ort des Sternes haben, in der Weise, dass dieser von dem Orte aus, den er, von der Sonne gesehen, einnehmen würde, stets nach derjenigen Seite hin abweicht, welche dem auf die Sonne bezogenen Orte der Erde entgegengesetzt ist,

*) Es schien zweckmässig, die innere Natur dieser Schlüsse, an denen Mancher schon einen Anstoss genommen, in möglichst einfacher, verständlicher Weise darzulegen. Wir wissen es sehr wohl, dass unsere hierauf sich beziehenden Daten auf arithmetische Genauigkeit keinen Anspruch haben, und dass die Zukunft sehr bedeutende Mängel zu berichtigen haben wird. Aber diese Modificationen wird die Wissenschaft stets nur sich selbst, d. h. der genaueren Beobachtung und der schärferen und der tiefer eindringenden Theorie verdanken: durch angeblich historische Zeugnisse über das Alter der Weltkörper kann die Wissenschaft sich nie auch nur im Geringsten beirren lassen, wie jeder Unbefangene wohl von selbst einsieht.

und die Bemühungen der Astronomie waren schon früh darauf gerichtet, diesen Winkel zu finden. Für diejenigen Zeiten, in welchen noch Zweifel an der Richtigkeit des Copernicanischen Systems möglich waren, hatten jene Bemühungen noch eine eigenthümliche Bedeutung. Die Auffindung der Fixsternparallaxen (des eben gedachten Winkels) hätte es gleichsam mit einem Schlage unwiderleglich bewiesen; wurde im Gegentheile der Nachweis geführt, dass den Fixsternen ganz und gar keine Parallaxe zukomme, so war es auch mit der Bewegung der Erde um die Sonne nichts. *Copernicus*, wie bereits früher erwähnt, erkannte sehr wohl das Gewicht dieses Einwurfes, denn zu seiner Zeit war allerdings noch keine Spur einer solchen Parallaxe aufzufinden. Er konnte sich selbst keine andere Antwort geben, als dass die Fixsterne zu weit entfernt seien, um eine merkliche Abweichung von dem mittleren Orte in den Beobachtungen zu verrathen. So konnte man hoffen, dass die Folgezeit, welche genauere Beobachtungen ermöglichen werde, auch hierin sich besserer Erfolge werde erfreuen können. *Tycho* brachte bald nach *Copernicus* eine wenigstens sechsmal so grosse Genauigkeit in die Beobachtungskunst: er konnte seiner Winkel auf 2—3 Minuten versichert sein. Nachdem *Hook* das Fernrohr mit dem Quadranten in Verbindung gebracht hatte, ging zwar seine etwas übereilte Hoffnung, man werde fortan um so viel genauer messen können, als das Fernrohr vergrössere, nicht in diesem Maasse in Erfüllung, doch aber konnte man nun schon nicht blos einzelner Minuten, sondern (namentlich seit *Flamsteed*) in günstigen Fällen auch sogar der Halben und Viertel derselben versichert sein. Und *Bradley* brachte, weniger durch Vergrösserung des Fernrohrs, als durch genauer gearbeitete und eingetheilte Instrumente, vor Allem aber durch seine musterhafte Sorgfalt und Umsicht in ihrer Anwendung, es sogar dahin, dass einzelne Sekunden kein blosser Zifferprunk mehr waren, sondern einen wirklichen praktischen Werth hatten. Mit jeder dieser so sehr bedeutenden Vervollkommnungen wuchs die Hoffnung, die Parallaxen der Fixsterne zu finden — und jedesmal sah man die Hoffnung getäuscht.

Bradley hatte ein ganz vorzügliches Augenmerk auf diesen Gegenstand gerichtet. Seine am Mauerquadranten angestellten Beobachtungen stimmten zwar unter sich völlig befriedigend, aber die in verschiedenen Jahreszeiten sehr verschiedene Strahlenbrechung, die zu einer Zeit noch nicht hinreichend genau erforscht war, erregte bei ihm ein nicht

ungegründetes Bedenken gegen die strenge Richtigkeit der daraus abgeleiteten Correction. Da nun die Strahlenbrechung im Cenith selbst Null und in der Nähe desselben sehr klein ist, so durfte man hoffen durch Beobachtung von Zenithsternen, an einem dazu geeigneten Instrumente Angaben zu erhalten, an welche keine, oder doch nur eine so geringe Strahlenbrechung anzubringen war, dass sie mit voller Sicherheit ermittelt werden konnte. Er stellte demnach ein Fernrohr von 24 Fuss Brennweite senkrecht gegen das Zenith auf und versah es mit einem Gradbogen, der nur eine sehr geringe Spannung hatte. So beobachtete er γ Draconis und einige andere dem Wansteeder Zenith nahe kommende Sterne sehr anhaltend mehrere Jahre hindurch in allen Jahreszeiten. Was er entdeckte, war wichtig genug; er fand auf diese Weise Aberration und Nutation — aber eine Parallaxe ergab sich nicht. *Bradley* hielt sich für überzeugt, dass eine Parallaxe dieser Sterne, die auch nur eine Sekunde betragen hätte, sich in seinen Beobachtungen gezeigt haben müsste.

§. 225.

Um einigermaassen zu übersehen, zu welchen immer grössern Entfernungen die fortwährende Verkleinerung der Grenzen führt, in denen die Parallaxe eingeschlossen sein müsste, möge hier eine kleine Zusammenstellung folgen, bei welcher die supponirte Parallaxe in Bogensekunden und die derelben entsprechende Entfernung in Erdweiten (Halbmessern der Erdbahn) angegeben sind.

Parallaxe	Entfernung.
1 Minute	3437,75
30″	6875,5
20″	10313,24
15″	13751
10″	20626,5
5″	41253
2″	103132,4
1″	206264,8

Der letztere Werth ist nun schon 4,200,000,000,000 Meilen; überhaupt entspricht einer Parallaxe von x Sekunden eine Entfernung von $\frac{206264,8}{x}$ Erdweiten.

Bradley und sein Mitarbeiter *Molyneux* hatten, was sie mit vieler Geschicklichkeit und Beharrlichkeit gesucht, nicht gefundeu; durfte man hoffen, noch genauere Resultate zu erhalten als jene mit Recht bewunderten Beobachtungen ergeben hatten? Vielleicht aber waren gerade die wenigen Sterne, welche das Zenith von Kew und Wansteed passirten wirklich zu weit entfernt, und es konnte andere, uns viel näher stehende, am Himmel geben, bei denen die Versuche einen besseren Erfolg hoffen liessen. In biesem Sinne wandte *Brinkley* in Dublin fast seine ganze astronomische Thätigkteit der Auffindung der Parallaxen zu und glaubte auch nach vieljährigen Bemühungen zu einigen positiven Resultaten gelangt zu sein. So fand er z. B. für Wega (α Lyrae) 0",57, was auf etwa 360000 Erdweiten geführt hätte. Allein die gleichzeitigen mit sehr grossen, mauerfest in eine unveränderliche Stellung gebrachten und auf einzelne bestimmte Sterne gerichteten Fernröhren angestellten Beobachtungen *Pond's* in Greenwich widersprachen diesen Resultaten und setzten die Parallaxe anf Null oder eine dieser so nahe kommende kleine Grösse herab, dass wieder Alles zweifelhaft wurde. Nicht grösseren Erfolg hatten die Bemühungen *Calandrelli's* und *Piazzi's*, die weit grössere Parallaxen als *Brinkley* erhielten, doch ohne dass ihre Beobachtungen unter sich selbst verglichen, eine hinreichende Gewähr für ihre Anwendbarkeit zu so feinen Untersuchungen darboten.

Das jahrhundertlange Fehlschlagen, auch selbst der sorgfältigsten Untersuchungen, entmuthigte die Astronomen nicht, sondern trieb sie nur an, auf neue und noch wirksamere Mittel zu denken. Man hatte bisher bei der Auswahl der zu untersuchenden Sterne sich meist von der Helligkeit leiten lassen. Es war aber sehr wohl möglich, dass die uns näher stehenden Sterne nicht gerade durch grössere Helligkeit sich auszeichnen, wie ja z. B. der uns so nahe Mars nicht so hell ist, als der 10mal weiter entfernt bleibende Jupiter. Ein viel sichereres Kriterium glaubte man mit Recht in der stärkeren Eigenbewegung zu finden. *Bessel* hatte zuerst (1815) gezeigt, dass der Stern 61 Cygni eine stärkere Eigenbewegung habe, als jeder andre damals bekannte und auch für noch einige andre ergaben die Vergleichungen eine so beträchtliche zu erkennen, dass, wenn man neue Mittel in Anwendung bringen konnte, ein Erfolg in Aussicht stand. Man glaubte diese darin zu finden, dass man die geraden Aufsteigungen zweier entweder nahezu 12^h von einander stehender, oder auch zweier bald nach einander in wenig ver-

schiedner Declination culminirender Sterne stets an denselben Tagen beobachtete und aus den Rectascensions unterschieden die Parallaxen, oder eigentlich ihre Summe oder ihren Unterschied, ableitete. Allein auch diese Bemühungen (man verglich α Cygni und 61 Cygni, α Lyrae und α Canis maj., α Aquilae und α Canis min.) führten zu Null, oder so kleinen Werthen, dass man sich eingestehen musste, nichts Näheres ermittelt zu haben.

§. 226.

Inzwischen war das bis dahin sehr unvollkommne Mikrometer durch *Fraunhofer's* Bemühungen auf zwei verschiednen Wegen zu einer Vollendung gelangt, welche neue Anwendungen desselben möglich machten. Mit dem Fadenmikrometer hatte *Struve* und mit dem an das Heliometer angebrachten Messungsapparat *Bessel* an den Doppelsternen (s. den folgenden Abschnitt) Resultate erlangt, deren Genauigkeit sogar Zehntelsekunden noch als reelle Werthe erscheinen liess. Dies machte neue Erwartungen rege. Im eigentlichen Sinne unendlich weit konnten doch die Fixsterne nimmermehr stehen, und an der Richtigkeit des Copernicanischen Systems hatte schon seit mehr als einem Jahrhundert Niemand mehr gezweifelt, der mit der Astronomie nur einigermaassen vertraut war. Und jetzt zum erstenmale sollte diese Hoffnung nicht eitel sein. Fast gleichzeitig (1836) wurden auf drei verschiedenen Punkten und nach drei verschiedenen Beobachtungsmethoden die reellen Parallaxen dreier Sterne gefunden und, durch die weiter fortgesetzten Beobachtungen, innerhalb so enger Grenzen fixirt, dass das Problem als gelöst angesehen werden muss. Die Strenge der theoretischen Untersuchung lässt keinem Zweifel Raum, dass das, was man gefunden, irgend etwas Andres als die Parallaxe sein könne. Betrachten wir diese wichtigen Arbeiten etwas näher.

Bessel hatte mit dem grossen Königsberger Heliometer den schon mehr erwähnten Stern 61 Cygni mit zwei sehr schwachen benachbarten verglichen und in 402 Beobachtungen ihren Abstand und gegenseitigen Richtungswinkel bestimmt. Das Resultat für die Parallaxe ergab sich aus allen Vergleichungen im Mittel 0″,3483, was auf einen Abstand von 592200 Erdweiten ($11\frac{1}{2}$ Billionen Meilen) und eine Zeit des Lichts (§. 223.) von 9 Jahren 3 Monaten führt. Ein halbes Jahr etwa kann als Unsicherheit dieses Resultats bezeichnet werden. *Peters* erhielt später am Pulkowaer

Verticalkreise ganz dasselbe Resultat. Eine spätere wiederholte Berechnung der *Bessel*schen Beobachtungen ergab 0",360. *Struve* prüfte mit dem Filarmikrometer des Dorpater Refraktors den Stern α Lyrae und verglich ihn, gleichfalls durch Distanzen und Richtungswinkel, mit einem kleinen, ihm sehr nahe stehenden Sterne, der, da er die Eigenbewegung des grösseren Sterns nicht theilt, mit ihm nicht physisch zu einem Binarsystem verbunden sein kann (in welchem Falle natürlich beide die gleiche Parallaxe haben müssen und kein Unterschied derselben gefunden werden kann). Seine erste 1836 angestellte Beobachtungsreihe gab ihm 0",125; die spätere Fortsetzung derselben, wenn Alles zusammengestellt wurde, 0",2613. Dies führt auf eine Entfernung von 789400 Erdweiten und eine Zeit des Lichts von 12 Jahren 1 Monat. *Struve* glaubt dieses Resultats bis auf 1 Jahr etwa versichert zu sein. Die später in Pulkowa fortgesetzten Beobachtungen bringen, mit den früheren zusammengestellt, die Parallaxe von α Lyrae auf 0",153; *Peters* hat am Verticalkreise 0",108 erhalten.

Beide Beobachter erhielten eigentlich nicht direkt die Parallaxe der betreffenden Sterne selbst, sondern den Ueberschuss ihrer Parallaxe über die des kleineren Sterns, der damit verglichen worden war. Hat dieser nun selbst eine Parallaxe (und eine, wenn auch noch so kleine, wird er doch gewiss haben), so wird die des grösseren Sterns um so viel zu klein gefunden. Aus diesem Grunde wählte *Bessel* zwei kleine Sterne, für die doch nur in einem unwahrscheinlichen Falle dieselbe Parallaxe anzunehmen war und wodurch also, wenn nicht etwa beide gänzlich unbedeutend waren, ein Unterschied der gefundenen Unterschiede hätte entdeckt werden können. Es fand sich kein solcher, und die ermittelte Parallaxe von 61 Cygni ist also ziemlich in demselben Grade genau, wie es die Beobachtungsfehler andeuten.

Henderson am Cap untersuchte durch Meridianbeobachtungen, unabhängig von jeder Vergleichung, die Parallaxe von α Centauri (ein in Europa nicht sichtbarer Stern erster Grösse und zugleich der glänzendste aller Doppelsterne). Die mehrere Jahre hindurch fortgesetzten Beobachtungen *Henderson's* und *Maclear's* gaben im (nahe übereinstimmenden) Mittel aus beiden Sternen 0",9213. Dies führt auf 223000 Erdweiten und eine Zeit des Lichts von 3 Jahren 6 Monaten. Unsicherheit etwa 2½ Monate.

Später (1847) hat *Rümker* aus den am Hamburger Meridiankreise gemachten Beobachtungen die Parallaxe des Arcturus zu 0",34 bestimmt (Zeit des Lichts 9 Jahre 5 Monate mit einer auf 1¼ Jahr zu schätzenden Unsicherheit).

Peters in Pulkowa hat durch höchst genaue und zahlreiche Beobachtungen des Polarsterns am Verticalkreise dessen Parallaxe auf 0",076 bestimmt, eine Angabe, die bei ihrer ausserordentlichen Kleinheit nothwendig eine ziemlich beträchtliche Unsicherheit involvirt (Zeit des Lichts 43 Jahre, mit einer Unsicherheit von etwa 7 Jahren).

Die Parallaxe von α Centauri ist nach den neuesten Untersuchungen *Maclear's* = 0",9187; statt 0,9128 wie sie früher angegeben war. Andre auf die Parallaxen bezügliche Arbeiten sind nur über einen Stern 7ter Grösse in den Jagdhunden (Groombridge's Cat. No. 1830) bekannt geworden; allein die Abweichungen der verschiedenen Beobachter unter einander sind so gross, dass wir hier noch von keinem bestimmten Ergebniss sprechen können. Sehen wir auch von *Faye's* Parallaxe (= 1",05) gänzlich ab, so bleiben

Wichmann = 0",181
Peters = 0 ,224
O. Struve = 0 ,034;

wobei zu bemerken ist, das nur die Parallaxe von *Peters* eine absolute, die beiben andern dagegen Parallaxenunterschiede gegen benachbarte, lichtschwächere Sterne sind, und dass besonders die sehr beträchtliche Entfernung dieser Sterne von *Gr.* 1830 die Resultate als weniger sicher erscheinen lässt.

§. 227.

Wenn gleich die angeführten Sternparallaxen, selbst die am sichersten hestimmte von 61 Cygni, für künftige Berichtigung noch manchen Spielraum darbieten, so darf man sich doch immerhin gestatten, einige weitere Schlussfolgerungen daran zu knüpfen. Zu den interersantesten gehört wohl die über die Eigenbewegung der Sonne, denn da wir für ihre vom Centralpunkt aus gesehene Winkelbewegung einen vergleichsweise genauen Werth (5",82 im Jahrhundert) gefunden haben, so würden wir dadurch unmittelbar auf die Entfernung der Sonne von jenem Punkte schilessen können.

Argelander glaubt nach seinen Untersuchungen, unsrer Sonne eine vergleichungsweise **starke** Eigenbewegung zuschreiben zu müssen; *O. Struve* dagegen findet, dass sie zu

den schwach bewegten Sternen gehöre. Letzterer versuchte auch die absolute Quantität abzuleiten, da er aber hierzu nur zwei Parallaxen benutzen konnte, und zwar gerade solche, die später auf weniger als die Hälfte der früheren Annahme herabgesetzt wurden, so dürfte seine Bestimmung (jährlich $1\frac{1}{2}$ Erdweiten) beträchtlich zu klein sein. Ueberdies hat er die von einem Stern 6ter Grösse aus gesehene Winkelbewegung der Sonne aus den beobachteten Oertern der Doppelsterne und einiger Hauptsterne abgeleitet, und möglicherweise gehören die Doppelsterne durchschnittlich einer anderen Helligkeitsklasse an, als einfache von derselben Entfernung, so dass *Argelander's* Resultat, der, ohne die Helligkeit besonders zu beachten, hauptsächlich nur Sterne von bedeutender Eigenbewegung verglich, mehr Gewähr bieten dürfte. Meine eignen Untersuchungen führen zu dem Resultat, dass die Bewegung der Sonne nicht schwächer, wahrscheinlich aber auch nur wenig stärker sei, als die mittlere der verglichenen Sterne.

Da der Stern 61 Cygni, den wir unter allen Fixsternen am genauesten kennen, mit der Sonne und Alcyone ein nahezu gleichschenklichtes Dreieck bildet, dessen Spitze im Centralpunkte liegt, so darf man sich die Annahme gestatten, dass er, als gleich weit abstehend, sich auch eben so schnell als unsre Sonne im Raume fortbewege. Da nun die Richtung seiner, aus der wahren und scheinbaren zusammengesetzten, Eigenbewegung, ihre Quantität, und eben so der Ort des Sterns am Himmel gegeben sind, so kann man unter obiger Annahme das, was in dieser Bewegung ihm selbst angehört, von dem trennen, was nur scheinbar, und durch die Bewegung unsrer Sonne erzeugt ist. Es findet sich für die wahre Eigenbewegung von 61 Cygni jährlich 4″,067. Die Parallaxe dieses Sterns aber ist im Mittel aus den genauesten Untersuchungen = 0″,364 und so beträgt seine Fortrückung im Weltraume $\frac{4{,}067}{0{,}364} = 11{,}17$ Erdweiten.

§. 228.

So stark ist also die Bewegung eines Sterns, der mit unsrer Sonne sehr nahe gleichen Abstand vom Centralpunkte hat, und es ist hierbei angenommen, dass seine Bewegung von uns unter einem rechten Winkel gesehen werde. Findet diese Voraussetzung nicht Statt, so erblicken wir nur eine verkürzte Projection seiner wahren Bewegung, und

diese letztere ist mithin stärker. Es darf aber als wahrscheinlich angenommen werden, dass eine Eigenbewegung, die (einen einzigen später aufgefundenen Stern ausgenommen) als die stärkste unter allen erscheint, von uns nicht unter einer erheblich verkürzten Projection gesehen werde.

Unsre Sonne und 61 Cygni stehen nun in sehr nahe gleicher (nur etwa um $\frac{1}{150}$ verschiedener Entfernung vom allgemeinen Schwerpunkte; wenn also nicht ausnahmsweise der eine Stern eine ungewöhnlich starke, oder der andre eine ungewöhnlich schwache Bewegung im Vergleich zu seiner Entfernung hat (und beide Annahmen führen auf die allergezwungensten Voraussetzungen), so drückt 11,17 auch nahezu die Bewegung unsrer Sonne aus, was auf 7¹/₃ Meilen in der Sekunde führt (fast genau die Geschwindigkeit des innersten Planeten in seiner Sonnennähe). Diese 11,17 Erdweiten erscheinen, von Alcyone aus, unter einem Winkel von 0″,0582 und die Gesichtslinie trifft auf die Sonnenbewegung unter einem Winkel 113°,6. Bei senkrechter Ansicht würde also aus der gleichen Entfernung die Bewegung 0″,06350 gross erscheinen und hieraus ergiebt sich weiter.

Parallaxe der Alcyone = 0″,005685
Entfernung = 36¼ Millionen
Zeit des Lichts = 573 Jahre.

Bezüglich auf unsre Sonnenbewegung vereinigt sich im Schwerpunkte die Wirkung der ganzen Summe von Massen (leuchtender wie dunkler), die innerhalb einer mit dem Radius Vector der Sonne um den Schwerpunkt beschriebenen Kugel stehen. Für die Summe dieser Massen findet sich, die Sonnenmasse als Einheit gesetzt:

118 Millionen.

Wir erblicken aber in der Region, in welcher sich sämmtliche auf die Bewegung unsrer Sonne wirksamen Massen befinden müssen, selbst mit den kräftigsten Hülfsmitteln, höchstens 2 Millionen Sterne; es müssen also entweder die einzelnen Fixsterne durchschnittlich unsere Sonne an Masse erheblich übertreffen, oder der grösste Theil dieser Massen bleibt unsern Sehwerkzeugen verborgen. Zugleich aber ist ersichtlich, dass so ungeheure Körper, als man wohl hin und wieder zu Gunsten irgend einer Hypothese angenommen hat (vgl. z. B. §. 208.), in unsrer Fixsternwelt nicht vorhanden sind, da kein Fixstern es vermocht hat, sich durch seine Masse als allgemeiner Centralkörper zu behaupten.

Von der Mitte desjenigen Theiles der Milchstrasse,

welche den Plejaden am nächsten kommt, sind diese 21 Grad entfernt. Die Abweichung der Milchstrasse von einem grössten Kreise beträgt durchschnittlich $3^1/_2$ Grad; hieraus und aus der Zeit des Lichts für Alcyone lässt sich annähernd berechnen:

Halbmesser der Milchstrasse 3884 Jahre Lichtzeit.
Entfernung der Sonne
vom nächsten Punkte des Zuges 3371 - -
vom entferntesten Punkte des Zuges 4408 - -

Eine Lichtzeit von nahezu 4 Jahrtausenden für die entferntern Gegenden der Milchstrasse hat man auch früher schon vermuthet. — Da indess der Zug ein doppelter ist, und für die Punkte, welche bei dieser Rechnung verglichen worden, beide Züge perspectivisch zusammenfallen, so wird man für den innern Ring etwas weniger, für den äussern dagegen beträchtlich mehr Entfernung anzusetzen haben.

Und ist dieser gigantische Complexus nun das Universum? oder mindestens der Theil desselben, der unser bewaffnetes Auge durchdringt? Keineswegs. Es ist nur eine einzelne der Welteninseln, deren ungezählte Tausende im Ocean des Himmelsraumes schweben, und welche die *Messier*, *Herschel*, *Rosse* aus der Nacht des Firmaments allmählig an das Licht ziehen und dem Erdbewohner ihr Dasein verkünden. Doch davon ein Mehreres in dem Abschnitt über die Nebelflecke.

Wollten wir die Dimensionen, zu denen wir jetzt schon gelangt sind, in geographischen Meilen ausdrücken, so würden Zahlen von 16 Ziffern erscheinen, und von 48, wenn wir den cubischen Raum derselben in ähnlicher Weise nach Cubikmeilen geben wollten. Es scheint nicht, dass die Aufstellung dieser Ziffernreihen, die sich übrigens Jeder durch eine sehr leichte Multiplication aus den oben gegebenen darstellen kann, zur Verdeutlichung des Gesagten etwas beizutragen vermöchte.

§. 229.

Welche einzelnen Bestandtheile nun das Ganze bilden mögen, ob die bisher aufgestellten Kategorieen „Fixstern und Planet“ mit den uns bekannten Nebenformen Alles das erschöpfen, was hier zur Anschauung kommen würde, wenn uns eine solche in hinreichendem Maasse vergönnt wäre, darüber sind wohl kaum noch Muthmaassungen zulässig. Doch möge noch einer Ansicht gedacht werden, die von namhaften, und mit dem Gegenstande durch eigne gründliche

Forschungen vertrauten, Astronomen herrührt, und die uns gleichsam eine Genesis des Weltganzen darzubieten scheint. Da nämlich auch in den stärksten Ferngläsern noch immer ein neblicher Grund unaufgelöst übrig bleibt, da ferner auch an andern Stellen des Himmels sich solche nebliche Lichtmassen zeigen (s. den Abschnitt von den Nebelflecken), die gleichfalls dem grössten Theil nach nicht auflösbar sind, so haben Mehrere die Meinung geäussert, es bestehe dieser unaufgelöst bleibende Theil nicht sowohl aus kleinen entfernten Sternen, sondern vielmehr aus Sternmaterie, die erst im Laufe der Zeit sich zu soliden Massen gestalte. Wir hätten also hier werdende Weltsysteme vor uns, und kommende Geschlechter würden statt der Milchstrasse nur ausgebildete Sterne erblicken. Die Ausbildung der Fixsternwelt müsste man sich hiernach gleichsam als eine von innen heraus gehende denken, so dass die minder fortgeschrittene Entwickelung den grösseren Fernen angehöre. Oder auch, da wir schon für die entferntesten der einzelnen noch wahrnehmbaren Sterne eine Zeit des Lichts von 4 Jahrtausenden als höchst wahrscheinlich gefunden haben, folglich der grosse, das Ganze umschliessende, die äussersten Fernen bezeichnende Gürtel gewiss noch eine beträchtlich grössere hat, die nach Zehn- und vielleicht Hunderttausenden von Jahren zu bemessen ist, so erblicken wir in der Milchstrasse nicht ihren jetzigen, sondern ihren früheren, gleichsam vorweltlichen chaotischen Zustand. Die einzelnen Körper könnten jetzt schon Jahrtausende lang fertig, die formlose Masse ganz verschwunden sein, aber der Lichtstrahl von ihnen ist noch unterwegs, und wird erst unsern späten Nachkommen erglänzen, während unsre Ferngläser nur Strahlen empfangen, die längst vor dem Beginn des Menschengeschlechts ihre ungeheure Laufbahn begonnen hatten.

Es ist keines Sterblichen Sache, in dieser grossen Angelegenheit einen entschiedenen Spruch zu thun. Wo keine unsrer Messruthen den Raum, keine Geschichte die Zeit mehr zu umfassen vermag, wo unsre Erde nicht allein, sondern auch die Sonne, ja ihr ganzes System zum unscheinbaren, nichts bedeutenden Punkte zusammenschrumpft, da muss allerdings der Phantasie ein Spielraum gestattet werden. Nur die Bemerkung mögen wir noch hinzufügen, dass die unregelmässige Gestalt der Milchstrasse dieser letzteren Ansicht nicht ganz günstig ist, insofern man das *Newton*sche Gesetz als allgemein gültig betrachtet. Nur feste Körper vermögen sich in jeder Gestalt zu erhalten, und Sternhaufen können eine Form haben, welche sie wollen. Aber das Gleich-

gewicht incohärenter Massen ist durch eine sphärische, oder doch symmetrisch regelmässige, Gestalt bedingt, die sich herstellen muss, wenn sie Anfangs noch nicht vorhanden war. Wenn nun bis jetzt die Beobachtungen noch keine Veränderung in den einzelnen Theilen wie im Ganzen der Milchstrasse haben wahrnehmen lassen, so kann dies allerdings bei der Kürze der Zeit, welche unsre genauern Beobachtungen umfassen, kein entscheidendes Argument gegen jene Meinung abgeben. So lange indess jedes stärkere Fernrohr weitere Fortschritte in der Auflösung der Milchstrasse macht, die Zahl der einzeln unterscheidbaren Sterne vermehrt und die noch übrig bleibende Nebelmasse verdünnt und schwächt, wird auch die erstere Meinung, wie *Herschel* sie aufgestellt hat, immer mehr an Wahrscheinlichkeit gewinnen. Es mag noch bemerkt werden, dass auch nach vollständig gelungener Auflösung ein Raum, auf welchem so viele Tausende von Sternen aller Grössen im dichtesten Gedränge stehen, wohl nie ganz so dunkel als der übrige Himmelsraum erscheinen kann, selbst wenn gar keine physische Materie zwischen und hinter diesen einzelnen Sternen sich befände.

§. 230.

Man hat auch die Frage aufgeworfen: Ob das Licht das bekanntlich schon durch die Verbreitung in einen immer grösseren Raum eine Schwächung erleidet, die dem Quadrate der Entfernung proportional ist, nicht auch noch einen anderweitigen Verlust auf diesen langen Wegen erleide und gleichsam der Quantität nach absolut vermindert werde? In diesem letzten Falle könnte das f ü r u n s sichtbare Universum eine durch kein künstliches Mittel zu überschreitende Grenze haben, denn wenn das Licht überhaupt nicht mehr bis zum Objectiv gelangen kann, so hilft die stärkste optische Kraft des Letztern nichts mehr zur Sichtbarkeit. Nähme aber auch die Kraft des Lichtstrahls nur nach einer geometrischen Progression ab, so würde doch immer eine starke Verminderung des Glanzes entfernter Sterne eintreten. Man hat den Versuch gemacht, aus den photometrischen Messungen *Steinheil's*, verbunden mit einer Vergleichung der Anzahl der Sterne in verschiedenen Grössenklassen, auf das Verhältniss dieser Lichtverschluckung zu schliessen. Allein einerseits sind hierbei Voraussetzungen gemacht, die höchst gewagt, theilweis auch durch die §. 209. angeführten neuern Untersuchungen widerlegt sind. Die Leuchtkraft der einzelnen Fixsterne

findet sich so ungeheuer verschieden, dass man z. B. dem Sterne ζ Bootis eine mindestens 6000 mal grössere Intensität des Lichts zuschreiben muss als ξ Ursae majoris.*) Geringere Unterschiede möge man, wenn die Zahl der einzelnen Daten gross genug ist, zu brauchbaren arithmetischen Mitteln ausgleichen; bei so enormen wie sie hier erscheinen, ist alle Mühe vergebens, etwas Sicheres in so delikaten Fragen abzuleiten. — Dann aber stimmen auch die weitern Schlüsse, die aus der herausgebrachten „Lichtverschluckung" gefolgert werden, nicht mit der Erfahrung. So erhielt *Struve* in seinen Untersuchungen (Mensurae micrometricae p. XCI. ff.) dass ein Stern erster Grösse $^1/_8$ seines Lichts einbüsse, bevor es zur Erde gelangt. Aber es folgt hieraus weiter, dass am Himmel nur 371590 Sterne der schwächsten (12te) Klasse vorkommen können, wenn die gemachten Voraussetzungen richtig sind. Diese Zahl ist nun offenbar viel zu gering, jene Voraussetzungen sind also nicht richtig und mithin die ganze Schlussfolge unsicher, wie dies auch *Struve* selbst zugiebt.

Man war zu der Idee dieser Lichtverschluckung durch folgende Betrachtung gelangt. Wenn alle in unendlicher (?) Ferne hintereinander stehenden zahllosen Sterne unsrer Erde erglänzen, sei dieser Glanz auch einzeln genommen noch so schwach, so müsste der ganze Himmel sonnenhell sein. Er ist es nicht, folglich muss es eine Entfernung geben, aus der gar kein Licht mehr zu uns gelangt; und es ist demnach eine Lichtverschluckung anzunehmen (*Olbers*). Allerdings giebt es eine solche Entfernung, aber der Grund ist ein ganz anderer. Die Geschwindigkeit des Lichts ist eine endliche; vom Beginn der Schöpfung bis zu unsern Tagen ist eine endliche Zeit verflossen, und wir können also die Himmelskörper nur wahrnehmen bis zu der Entfernung, welche das Licht in jener endlichen Zeit durchläuft. Da sich der dunkle Himmelsgrund in dieser Weise ausreichend erklärt, ja als nothwendig darstellt, so fällt auch die Nöthigung weg, eine Lichtverschluckung zu supponiren. Statt zu sagen, das Licht gelange aus jenen Entfernungen nicht mehr bis zu uns, muss man sagen: es ist noch nicht bis zu uns gelangt.

*) Vergl. meine von der Harlemer Societät gekrönte Preisschrift: „Beiträge zur Fixsternkunde" im XII. Bande der Verhandlungen dieser Gesellschaft. Harlem 1856.

§. 231.

Das bisher Gesagte ist im Wesentlichen Alles, was wir von unsrer Fixsternwelt im Allgemeinen wissen. Ueber die veränderlichen Sterne wird ein besondrer Anhang dieses Kapitels handeln; den Nebelfleken und Doppelsternen haben wir besondere Abschnitte gewidmet. Es möge hier nur noch bemerkt werden, dass wir über dem Horizont eines gegebenen Ortes jetzt nicht ganz dieselben Fixsterne sehen, die früher daselbst wahrgenommen wurden, da in Folge der Vorrückung der Nachtgleichen die Sterne ihre Declination verändern und von dieser der Auf- und Untergang unter einem gegebenen Grade der geographischen Breite abhängt. Alle Sterne, welche innerhalb einer der Ekliptik parallelen Zone liegen, deren Breite der doppelten Schiefe der Ekliptik gleich ist, und deren Mitte eine südliche Breite von $90^0 - \varphi$ hat (unter φ die Polhöhe verstanden), werden einem Orte der nördlichen Halbkugel im Verlauf von 25600 Jahren sichtbar und unsichtbar; so wie umgekehrt der südlichen die von nördlichen Breiten. Für den 52½ der Breite werden im Laufe der Jahrtausende nach einander verschwinden: der Rabe, der Becher, die Wasserschlange, der grosse Hund, das Einhorn, Orion, der kleine Hund, der Brandenburgische Scepter, Eridanus, der Wallfisch, der südliche Fisch. Dagegen werden folgende jetzt unsichtbare Sternbilder für Berlins Parallel sichtbar werden: der Centaur, das südliche Kreuz, ein Theil der Carlseiche, der Wolf, der südliche Triangel, der Altar, die südliche Krone, der Pfau, der Indianer, der Paradiesvogel, der Toucan, der Kranich, der Phönix und der jetzt unsichtbare Theil des Eridanus. Nur wenige Sternbilder werden für Berlin stets unsichtbar bleiben, nämlich nur die, deren südliche Breite grösser als 60^0 ist.

Der Polarstern wird ebenfalls nicht in allen Jahrtausenden diesen Namen führen können. Erst seit Alexander des Macedoniers Zeit steht er dem Pole näher, als irgend ein andrer heller Stern, noch 300 Jahre lang wird er sich dem Pole fortwährend nähern, und dann nur 21 Minuten von ihm entfernt sein. Nach abermaligen 1000 Jahren wird er seinen jetzigen Namen dem Sterne γ des Cepheus abtreten müssen, der 4200 n. Chr. dem Pole am nächsten steht und $1^0\ 51'$ von ihm entfernt bleibt. Diesem folgen im Range eines Polarsterns, nach einander β und α des Cepheus, δ des Schwans, α der Leyer (nach 12000 Jahren, der prachtvollste aller möglichen Polarsterne) η des Hercules, α des

Drachen, x des Drachen und endlich, nach Vollendung des Cyklus, wieder unser jetziger Polarsteru. Es ist hierbei vorausgesetzt, dass man Sterne, die weniger als die dritte Grösse haben, nicht zu Polarsternen wählen werde, da ein solcher so viei als möglich unter allen Umständen bequem sichtbar sein muss.

§. 232.

Der Thierkreis wird ebenfalls im Laufe der Zeit durch diese Vorrückung eine andere Lage erhalten. Die Gestirne, welche jetzt in der nördlichen Hälfte desselben stehen, werden nach 12800 Jahren die südliche Hälfte desselben ausmachen. Beiläufig wird das Vorwärtsrücken nach 2130 Jahren ein Zeichen oder 30 Grade betragen; und deshalb steht jetzt der Thierkreis schon um ein volles Zeichen anders, als zu den Zeiten der alten Griechen, wo man die Sternbilder fixirte. Damals stand das Bild des Widders wirklich da, wo die Sonne zur Zeit der Frühlingsnachtgleiche sich befindet, und nahm die ersten 30 Grade der Ekliptik ein: es gab also noch keinen Unterschied zwischen Bild des Widders und Zeichen des Widders, wie jetzt, wo der Widder von 30° bis 60° der Länge reicht, während man das Zeichen ♈ wie sonst vom Frühlingsnachtgleichenpunkte anfängt und 30 Grade in der Ekliptlk fortzählt. Jetzt steht das Bild des Widders im Zeichen des Stiers, und so fort. Die Folgezeit wird diese Incongruenz fortwährend vergrösssern und die Darstellungen des Thierkreises, so wie des übrigen Himmels, werden nur für eine bestimmte Zeit gelten können, da in einem andern Jahrhundert der Anfangspunkt der Theilungen bei andern Fixsternen liegt. Aus eben dem Grunde wird man aus den Globen früherer Zeiten das Jahrhundert, in welchem sie entstanden sind, bestimmen können, und wirklich hat man auf diese Weise das Alter arabischer, alexandrinischer u. a. Globen bestimmt. So wird zu Rom im Farnesianischen Palaste ein unter dem Schutt des alten Roms gefundener Globus aufbewahrt, auf welchem der Colur der Frühlingsnachtgleiche gerade durch das Horn des Widders geht, und dessen Alter folglich gegen 2000 Jahre sein muss. *Bode* hat ihn in seinen 1780 erschienenen Himmelskarten in zwei Planisphären mitgetheilt. Der Thierkreis von Denderah in Egypten, der eine Zeitlang ausserordentliches Aufsehen machte, verdankte dies dem hohen Alter, welches man aus der Stellung seiner Sternbilder herleiten wollte, und welches man auf 15 Jahrtausende setzte. Jedoch hat er keine Grad-

theilung, noch etwas deren Stelle Ersetzendes; man schloss dies hohe Alter aus gewissen Charakteren, welche die Solstitien zu bezeichnen schienen: es ist also leicht möglich, dass er viel neueren Ursprungs ist.

Indess muss man bei solcheu Schlüssen nie vergessen, dass sie stets nur beiläufig gelten können. Um den genauen Standpunkt eines Sterns nach Jahrtausenden zu bestimmen, müsste man seine eigene Bewegung, die Veränderung in der Schiefe der Ekliptik und manche andre Data sehr genau kennen, da Fehler dieser Art der Zeit nahe proportional wachsen. Ein Fehler von 0",05 in der eignen jährlichen Bewegung bewirkt nach 6000 Jahren einen Fehler von 5 Minuten im Orte des Sterns.

Ueber veränderliche Sterne.

§. 233.

Unter der grossen Anzahl der Fixsterne giebt es verhältnissmässig nur wenige, welche einen veränderlichen Glanz wahrnehmen lassen, wenn man, wie sich von selbst versteht, diejenigen Veränderungen ausschliesst, welche ihren Grund in der verschiedenen Tages- und Jahreszeit, so wie der ungleichen Durchsichtigkeit der Atmosphäre und der veränderlichen Höhe des Gestirns haben. Bei einigen hat man kürzere oder längere Perioden der Veränderlichkeit erkannt; andere hingegen haben erst im Laufe mehrerer Jahrzehende oder Jahrhunderte eine allmählige Ab- oder Zunahme erlitten, oder sie ist auch plötzlicher, jedoch — so viel bekannt — nur einmal erfolgt, daher über die etwaige Periodicität noch nichts feststeht. Endlich sind einige wenige neu erschienen oder auch verschwunden, doch scheint dieser letztere Fall der allerseltenste zu sein.

Hierher gehörende Beobachtungen finden sich zwar bei vielen Astronomen, doch meist nur gelegentlich und als zerstreute Notizen; nur Wenige haben diesem Gegenstande eine besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Unter letzteren verdienen *Goodricke*, *Pigott*, *Herschel*, *Harding*, *Koch*, *Westphal* und neuerdings *Bianchi*, *Argelander*, *Hind*, *Poyson*, *Winnecke*, *Schönfeld* und *Schmid* besonders genannt zu werden. Allein noch ist sehr Vieles zu thun übrig, und der Gegenstand kann Liebhabern der Sternkunde um so mehr empfohlen werden, als die hierher gehörenden Beobachtungen fast nur die leicht

zu erlangende äussere Kenntniss des Fixsternhimmels, sonst aber weder stark vergrössernder Instrumente und künstlicher Messaparate, noch auch einer besonders genauen Zeitbestimmung bedürfen. Beharrlichkeit und ein scharfes Auge sind die hauptsächlichsten Requisite.

Wir geben am Schlusse eine Tafel, die wir, so wie die meisten der zugehörigen Bemerkungen, der gütigen Mittheilung *Winnecke's* verdanken.

Bemerkung zu dem Verzeichniss veränderlicher Sterne.

§. 234.

3) Da der Lichtwechsel dieses Sterns nur gering ist, so hält es schwer, die einzelnen Perioden der Zu- und Abnahme zu bestimmen, doch scheint die erstere etwas rascher vor sich zu gehen.

12) Auch Algol genannt; der helle Stern im Kopfe der Medusa. Von allen andern veränderlichen Sternen unterscheidet er sich dadurch, dass er fast die ganze Periode hindurch im ungeschwächten Glanze leuchtet und nur 8 Stunden lang eine Verdunkelung erfährt, so wie noch besonders dadurch, dass er ein reines weisses Licht zeigt, während alle übrigen veränderlichen Sterne ohne Ausnahme roth sind oder doch ins Roth hinüberspielen. Die Abnahme währt 4 Stunden, das kleinste Licht etwa 18 Minuten und die Zunahme abermals nahe 4 Stunden. Seine Periode hat *Wurm* aus zahlreichen Beobachtungen genau bestimmt: sie scheint selbst in den Sekunden noch verbürgt werden zu können, und beträgt 2 Tage 20 St. 48′ 57″,9, so dass er jährlich 127 Perioden durchmacht. Da er auch im kleinsten Lichte dem blossen Auge deutlich sichtbar bleibt, so ist er sehr bequem zu beobachten. Die neuesten Beobachtungen scheinen eine Abnahme der Lichtperiode anzudeuten, die seit *Goodricke* etwa $^3/_4$ Sekunden beträgt.

10) Am 13. August 1596 fand *David Fabricius*, Prediger zu Ostell in Ostfriesland, diesen Stern 3ter Grösse, und konnte ihn hernach nicht wiederfinden. Da noch gar kein Beispiel periodisch veränderlicher Sterne bekannt war, so hielt er den Stern für wirklich verschwunden. Erst *Holwarda* in Franecker sah ihn 1638 wieder und bemerkte seine Veränderlichkeit. Er ist seit 1660 fleissig beobachtet worden und seine Periode ist besser bekannt als bei den meisten

übrigen. In seinem Maximum hat er nicht jedesmal gleiche Helligkeit, gewöhnlich erreicht er die 2te oder 3te, einigemale nur die 4te Grösse, auch selbst von der ersten wollen ihn Einige beobachtet haben. Sein Licht ist stark röthlich, und *Struve* konnte die rothe Farbe selbst dann noch erkennen, wenn er im schwächsten Lichte und gewöhnlichen Ferngläsern bereits verschwunden war. Ein schwacher Begleiter steht neben ihm, zeigt aber weder Veränderlichkeit noch eine besondere Farbe. Merkwürdig ist noch der Umstand, dass er nur 40 Tage braucht, um von der 6ten Grösse (wo er scharfen Augen sichtbar zu werden anfängt) bis zum Maximum zu wachsen, 66 hingegen, um wieder bis zur 6ten abzunehmen.

Uebrigens ist diese Dauer, gleich so wie alle übrigen diesen Stern betreffenden Zahlenangaben, starken Schwankungen unterworfen. So hat er im J. 1840 ... 61 Tage gebraucht, um von der 6ten Grösse bis zum Maximum zu gelangen, und in 50 Tagen sank er wieder zu dieser Grösse herab. Die übrigen Tage ist er ein blos teleskopischer Stern. Er heisst sonst auch Mira Ceti.

Da seine Periode vom Erdjahre nicht sehr verschieden ist, so kann er einige Jahre nach einander dem blossen Auge unsichtbar bleiben: denn vom April bis Juli ist er der Nähe der Sonne wegen nicht sichtbar; fällt also sein Maximum in diese Zeit (was 3—4 Jahre nach einander geschieht), so kann er, wenn er wieder Nachts über dem Horizonte steht, nur mit Fernröhren aufgefunden werden.

Bianchi in Mailand hat in neuester Zeit Beobachtungen über diesen Stern angestellt und gefunden, dass er um die Zeit seines schwächsten Lichtes dem kleinen $2^1/_4{}'$ östlich von ihm abstehenden Begleiter, der nahe die 11te Grösse hat, an Glanz gleich ist.

23) Zur Zeit noch wenig bekannt. Er nimmt etwa eben so rasch zu als ab, und nach dem Maximum scheint vom 35. bis zum 65. Tage ein Stillstand der Abnahme einzutreten.

39) α Hydrae ist schwer zu beobachten, da wegen grosser Sternenleere in dieser Gegend es an Vergleichungssternen fehlt und die Veränderlichkeit nicht gross ist. Die angegebene Periode von 55 Tagen ist nur Vermuthung.

6) Nach *Westphal's* Beobachtungen währt es 30 Tage, dass er von der 7ten Grösse bis zum Maximum zunimmt; die entsprechende Abnahme erfordert dagegen 48 Tage. Im kleinsten Lichte verschwindet er. Wir wissen noch sehr wenig über ihn.

49) Fast immer nur teleskopisch; 39 Tage vor dem Maximum hat er die 10te, 36 Tage vorher die 9te, 23 Tage vorher die 8te Grösse; bei der Abnahme sind diese Zeiten resp. 27, 38, 42 Tage. Die übrigen 65 Tage ist er kleiner als die 10te Grösse und verschwindet um die Zeit des Minimum gänzlich. Uebrigens sind bei diesem Stern die Unregelmässigkeiten in der Periode sehr bedeutend.

67) Dieser Stern hat aufgehört veränderlich zu sein. Im Mai 1817 hatte ihn *Harding* noch in der Grösse 8,5 gesehen: seit dem Juni 1817 aber konnten *Westphal* und *Harding* keine weitere Veränderung wahrnehmen. Sein Verschwinden war 1795 zuerst wahrgenommen worden; eine schwache Spur der Veränderlichkeit hatte indess *Pigott* schon 1782 bemerkt.

74) Die Veränderlichkeit dieses rothen Sterns ist nur gering. Vom Minimum bis zum Maximum verfliessen 22 und während der Abnahme 39 Tage. Sein blauer Begleiter ist ebenfalls veränderlich von der 7. bis zur 5. Grösse. So zeigte sich die Veränderlichkeit zu *Herschel's* Zeit. Gegenwärtig ist die Periode auf 94 T. 21 St. angewachsen, und er braucht 52 Tage zum Zunehmen und 43 zum Abnehmen.

75) Ein schwer zu beobachtender Stern, in dessen Lichtveränderung Unregelmässigkeiten vorkommen. *Pigott* fand das Minimum einigemale bis 8,5, doch auch heller von 6,5 oder 7. Gegenwärtig geht er nie unter 6,5 herab, so dass er nur bei sorgfältigen Vergleichungen als veränderlich erkannt wird. Nach *Pigott* währt die Zunahme 19, die Abnahme hingegen 42 Tage; nach *Argelander* dagegen die Zunahme 34 T. 9 St., die Abnahme 26 Tage. Uebrigens sind alle Zahlen bei diesem Sterne, auch die Helligkeitsangaben, höchst schwankend und das Verhalten des Sterns in verschiedenen Perioden sehr verschieden.

76) Bei diesem Sterne stimmen die Beobachtungen des kleinsten Lichts besser mit der mittleren Periode überein als die des grössten; auch ist die Zeit der Zunahme der der Abnahme so nahe gleich (3 T. 3 St. und 3 T. 7 St.), dass auf den Unterschied wenig zu bauen ist. Die Beobachtungen werden am besten mit freiem Auge angestellt. Nach *Argelander's* Beobachtungen hat er in jeder 13tägigen Periode 2 Maxima und 2 Minima. Im ersten Minimum hat er 4. 5; nach 3 Tagen erscheint das erste Maximum (3. 4.). Das zweite Minimum (4. 3.) tritt 3½ Tage nach dem ersten Ma-

ximum, und das zweite Maximum (3. 4.) nach abermaligen 3 Tagen ein. Die Periode ist früher wahrscheinlich kürzer gewesen; es scheint, dass jede folgende 4 Sekunden länger ist.

81) Eine gut bestimmte Periode. *Wurm* und *Westphal* finden sie 7 T. 4 St. 13′ 30″. Theilt man die Erscheinungen nach 4 Phasen: kleinstes Licht, mittleres im Zunehmen, grösstes, mittleres im Abnehmen, so findet sich, dass er von der 3ten zur 4ten Phase 80 Stunden gebraucht, während jeder der übrigen 3 Zeiträume etwa 31 St. beträgt.

80) Bei diesem Sterne, der ohne erhebliche Lücken seit 1687 beobachtet worden ist, zeigen die Beobachtungen des grössten Lichtes, mit der mittleren Periode verglichen, um die Mitte des vorigen Jahrhunderts herum, Abweichungen, die fast auf 40 Tage gehen. Dadurch ist *Olbers* veranlasst worden, eine Verlangsamung der Periode anzunehmen, wodurch er eine weit bessere Uebereinstimmung erreichte, indem er für 14 Beobachtungen die Summe der Fehlerquadrate von 6438 auf 1894 vermindern konnte. Nach *Olbers* ist die Periode, wenn man die Zahl der seit 1687 vom 28. November um $1^1/_2$ Uhr Nachmittags abgelaufenen Perioden durch n bezeichnet:

$$404^t,758 + 0^t,0228908\,n;$$

wonach sie seit 1687 bis 1840 um etwa 73 Stunden zugenommen hätte. — Indess ist eine mit der Zeit fortschreitende, also unendlich wachsende, Periode sehr unwahrscheinlich; eher ist anzunehmen, dass die Zu- und Abnahme der Periode selbst wieder eine vielleicht sehr grosse Periode hat, oder dass einzelne störungsartige Ungleichheiten darin vorkommen; jedenfalls verdient die Sache eine genaue Untersuchung. — *Olbers* fand auch, dass die Zunahme von der 9. Grösse bis zum Maximum 39 Tage, die entsprechende Abnahme 73 Tage dauert. — Nach *Argelander's* neuern Untersuchungen ist die Periode jetzt ziemlich gleichmässig, und früher hat sie bald zu-, bald abgenommen. Zwei bis drei Monate ist er dem blossen Auge sichtbar.

86) Die Periode dieses bequem zu beobachtenden Sternes scheint abzunehmen. Sie folgt aus *Goodricke's* Beobachtungen im Jahre 1784: 5 T. 8^h 49′ 55″; aus *Westphal's* im J. 1817 hingegen 5 T. 8^h 41′ 17″; und wenn man beide verbindet, 5 T. 8^h 45′ 2″. Allein es ist leicht möglich, dass auch hier

partielle Ungleichheiten vorkommen. Auch der Gang des Lichtwechsels scheint veränderlich. Der erstgenannte Beobachter findet die Dauer der Zunahme von der 4. Grösse an 14½ Stunden, die entsprechende Abnahme 42 Stunden; der letztere findet dafür 16 und 26½ Stunden. Ferner nimmt er, nach *Westphal*, von der 4. Grösse bis zum Minimum 67 Stunden lang ab, und umgekehrt 19¼ Stunden zu. — Nach *Argelander* nimmt er 38^h 5′ zu, und sodann anfangs rasch, dann 12 Stunden lang ganz unmerklich, endlich wieder rascher ab. Die von ihm gegebene Periode 5 T. 8^h 47′ 39″,5 stimmt mit allen Beobachtungen am befriedigendsten überein.

89) Die Periode ist noch sehr unsicher und die Art des Lichtwechsels noch gar nicht bekannt.

Bei den meisten dieser Sterne ist also die Veränderlichkeit selbst wieder veränderlich. Die Periode selbst, der Gang der Ab- und Zunahme, der Glanz im Maximum und Minimum, bleiben sich nicht durchaus gleich; bei einem scheint die Veränderlichkeit ganz aufgehört zu haben. Merkwürdig aber ist der Umstand, dass bei den meisten die Zunahme schneller als die Abnahme erfolgt, und dass, Algol ausgenommen, alle veränderlichen Sterne in ihrem Minimum, oder diesem nahe, längere Zeit verweilen als im Maximum.

§. 235.

Bei folgenden Sternen ist eine Veränderlichkeit zwar gewiss (oder doch höchst wahrscheinlich), es fehlt aber noch an Beobachtungen, die Periode zu bestimmen. Sie sind aus den Beobachtungen *Herschel's* (um 1795) und *Westphal's* (um 1819) genommen, in welchem Zeitraume folgende Veränderungen stattfanden:

4 Canis minoris ist etwas heller geworden.

10 Canis minoris desgleichen.

14 Orionis war sonst dunkler als 6; jetzt ist es umgekehrt.

18 und 25 Orionis haben abgenommen, besonders der letztere; vielleicht auch 112 Tauri und 70 Orionis.

22 Orionis hat etwas und 50 Orionis merklich zugenommen.

Die folgenden Doppelsterne sind von *Struve* veränderlich erkannt, grösstentheils durch Vergleichung mit ihrem Begleiter:

ε Arietis. *Harding* setzt ihn = 4. Grösse. *Piazzi* und *Bode* = 5. *Struve* fand ihn, eben so wie seinen Begleiter, abwechselnd zwischen 4, 5 und 6, 5 bis 7; ich finde ihn meistens 5.

γ Virginis. Siehe den Abschnitt über Doppelsterne.

191 Virginis. Die beiden Sterne sind bald gleich, bald um ½ Grösse verschieden beobachtet worden.

ζ Bootis. Der Hauptstern wechselt zwischen 3. und 4. Grösse.

1 Coronae. Im Jahre 1828 fand *Struve* beide gleich, 6. Grösse; 5 Jahre später waren sie 5,5 und 6,5.

17 Cancri. Diese beiden Sterne notirte *Struve* folgendermaassen:

1821	Febr.	14.	6. 8.
	-	12.	6,5.8.
	März	18.	8. 9.
1823	Januar	19.	8. 9,5.
1827	April		6,5.7.
1832	-		6,5.7,5.

44 Bootis. *Herschel* der Vater fand den südlichen Stern grösser. Auch *Struve* fand 1819 diesen (der inzwischen durch Bahnbewegung der nördliche geworden war) noch um 1,5 bis 2. grösser als den andern, doch 1822 und in den folgenden Jahren immer nur um 1 und jetzt nur um 0,5; ja *Argelander* schätzte 1830 beide Sterne gleich. Wahrscheinlich ist der Begleiter heller geworden.

π Arietis. *Struve* hat folgende Beobachtungen:

Nov.	1829.	4.	9.
Febr.	1831.	4,5.	9.
Oct.	1832.	5.	7,5.
Nov.	1832.	6.	8.
Dec.	1834.	5.	8,5.

38 Geminorum. Der Hauptstern ist zwischen 4. und 8. veränderlich; der Begleiter scheint constant.

Anonyma $20^h\ 34'$ und $+ 12^0\ 6'$. Zwei nahe gleiche Sterne, von denen bald der eine, bald der andere heller ist.

ι Cancri. Der Hauptstern ist 4 oder 4,5 und scheint constant, der Begleiter aber ist von 5,5 bis 7 veränderlich.

Mehrere andere, die man in den Mesnuris micrometricis

des genannten Astronomen als veränderlich aufgeführt findet, sind hier übergangen, da sie theils sehr klein, theils nur muthmaasslich veränderlich sind.

Endlich hat man noch aus Vergleichung der älteren Charten und numerischen Angaben der Sterngrössen (hauptsächlich der Uranometrie von *Bayer* und der Beobachtungen *Tycho's*) auf seitdem stattgefundene Veränderungen des Glanzes mehrerer Fixsterne geschlossen. Indess haben die genaueren Untersuchungen *Argelander's* (vergl. seine Abhandlung „de fide Uranometriae Bayeri" und seine „Uranometria nova") dargethan, dass man jenen alten Angaben kein sehr grosses Vertrauen schenken dürfe. So schloss man z. B. aus der Buchstabenfolge in der Bayer'schen Bezeichnung von Castor und Pollux (α und β Geminorum), dass Castor sonst der hellere Stern gewesen, während jetzt Pollux dies ist. Allein das α, β . . . bei Sternen gleicher Klasse bezeichnet bei *Bayer* nur die Aufeinanderfolge von N. nach S. — Hiernach bleibt es auch unentschieden, ob etwa α Hydrae (der bei *Bayer* die 1. Grösse, jetzt die 2. 3. hat), so wie β Leonis dunkler, oder α Aquilae heller geworden seien.

Man kann noch hinzufügen, dass, wenn die 2 Jahrhunderte von *Bayer* bis *Argelander* so bedeutende Veränderungen der Fixsterngrössen herbeigeführt hätten, als die Vergleichung beider Kataloge anzudeuten scheint, in 2 Jahrtausenden noch viel grössere und zahlreichere erwartet werden müssten; dass aber eine Vergleichung der Ptolemäischen Sterngrössen mit den gegenwärtig stattfindenden sie keineswegs in solchem Masse zeigt.

Neu erschienene Sterne.

§. 236.

Die vollständigste Aufzählung der neuen Sterne hat *Humboldt* im 3ten Theile seines Kosmos gegeben. Nach den Jahren geordnet sind es die folgenden 21:

1) 134 v. Chr. im Scorpion.
2) 123 n. - im Ophiuchus.
3) 173 - im Centaur.
4) 369 - ?
5) 386 - im Schützen.
6) 380 - im Adler.
7) 393 - im Scorpion.
8) 827 -? im Scorpion.

9)	945	n. Chr.	zwischen Cepheus und Cassiopeja.
10)	1012	-	im Widder.
11)	1203	-	im Scorpion.
12)	1230	-	im Ophiuchus.
13)	1264	-	zwischen Cepheus und Cassiopeja.
14)	1572	-	in der Cassiopeja,
15)	1578	-	
16)	1584	-	im Scorpion.
17)	1600	-	im Schwan.
18)	1604	-	im Ophiuchus.
19)	1609	-	
20)	1670	-	im Fuchs.
21)	1848	-	im Ophiuchus.
			Hierzu noch:
22)	1850	-	im Orion.

Bemerkungen zu obigem Verzeichniss.

1) Dieser aus des Chinesen *Matuonlin* Verzeichniss entnommene ausserordentliche Stern (Gast-Stern, chinesisch *Ke-sing*), der sehr hell glänzte, ist vielleicht identisch mit dem neuen Stern des Hipparch, der ihn zur Anfertigung seines Fixsternverzeichnisses veranlasst haben soll.
2) Gleichfalls nach *Matuonlin*. Er stand zwichen den beiden hellen Sternen α Herculis und α Ophiuchi.
3) Dieselbe Quelle, die auch für die folgenden 4) 5) und 7) die einzige bleibt. Er erschien am 10. Dec. 173 zwischen α und β Centauri, und verschwand nach 8 Monaten, nachdem er nach einander die Farben (?) gezeigt.
4) Glänzend vom März bis August.
5) Zwischen λ und φ des Schützen, April bis Junius.
6) Nach *Cuspianus*, der als Augenzeuge spricht. Er loderte bei α des Adlers mit der Helligkeit der Venus auf, stand aber nur 3 Wochen.
7) Im Schwanze des Scorpions.
8) Das Jahr etwas zweifelhaft. Die arabischen Astronomen *Hali* und *Ben Mohammed Albumazar* beobachteten ihn zu Bagdad 4 Monate hindurch. Sein Glanz soll dem des Mondes in seinen Vierteln gleich gewesen sein.
9) *Cyprian Leovitius*, ein Schriftsteller des 16. Jahrhunderts, giebt Nachricht von ihm „aus einer hand-

schriftlichen Chronik." — *Tycho* hielt die Sache für glaubwürdig, während andere eine Verwechselung vermutheten.

10) *Hepidannus*, Mönch zu St. Gallen, erwähnt seiner. — Er war von ungewöhnlicher Grösse und einem die Augen blendenden Glanze. Bald war er grösser, bald kleiner, zuweilen sah man ihn auch gar nicht. Vom Mai bis August sichtbar.

11) Chinesische Beobachtungen. Der Stern weissbläulich, dem Saturn ähnlich.

12) Gleichfalls nach *Matuonlin*. Mitte December 1230 erschien er zuerst; Ende März 1231 löste er sich wieder auf.

13) Mit 9) gleichzeitig von *Leovitius*, und seiner Angabe nach aus derselben Quelle, erwähnt. — Die beiden Erscheinungen 945 und 1264, verglichen mit dem Tychonischen Stern 1572—74, scheinen eine Periodicität anzudeuten, auch die Himmelsgegend ist dieselbe. Nur wäre sehr zu wünschen, dass man die handschriftliche Chronik, die Leovitius verglich, wieder auffände, um jeden Zweifel heben zu können.

14) Im J. 1572 sah *Tycho* in der Cassiopeja unter 3° 20′ AR. und + 62° 55′ Decl. eines Abends plötzlich einen überaus hellen Stern aufleuchten. Er hatte einen Zusammenlauf des erstaunten Volkes erregt, und *Tycho* ward durch diesen erst auf den Stern aufmerksam gemacht. Er übertraf in der ersten Zeit seiner Sichtbarkeit alle Sterne und selbst Venus an Glanz, und ward bei Tage bequem gesehen, so wie Nachts durch mässige Wolken. Im folgenden Jahre nahm sein Glanz allmählich ab, und 1574 verlor er sich ganz; die später entdeckten Ferngläser, selbst die kräftigsten der neueren Zeit, haben ihn ebenfalls nicht wiedergefunden. Doch hat *Rümker* 1840 an der Stelle des Tychonischen Sterns einen teleskopischen (10ter Gr.) wiederholt beobachtet und seine Position bestimmt.

15) 16) Beide nach chinesischen Beobachtungen. — Besonders der erstere muss sehr glänzend gewesen sein.

17) Entdeckt von *Wilh. Janson*. Als *Kepler* ihn 2 Jahre später (durch Reisen und andere Umstände behindert) beobachtete, hatte er die 3. Grösse. Ob er früher bei seiner ersten Erscheinung heller gewesen, erhellt nicht mit Sicherheit. Seit 1619 nahm er ab, verschwand 1621, erschien wieder und zeigte (nach *Cassini*)

1655 wieder die 3. Grösse. Später sah ihn *Hevel* (Nov. 1655) schwächer und veränderlich. Seit 1677 hat er nun die 6. Grösse und hat sie seitdem beibehalten. Es ist 34 Cygni des Flamsteed'schen Verzeichnisses.

18) *Johann Brunowski* fand ihn am 10. Oct. 1604, und durch ihn erhielt sein Lehrer *Kepler* Nachricht. *Herlicius* behauptete später, ihn schon am 27. September gesehen zu haben. Er stand nur Venus am Glanze nach, übertraf Saturn und Jupiter, funkelte ausserordentlich stark, ward aber nicht wie der Tychonische Stern bei Tage gesehen. *Kepler* nennt ihn weiss. Anfang 1605 war er schon schwächer als Arctur, doch heller als Antares. Ende März 1605 noch 3. Grösse; zwischen Februar und März 1606 völliges Verschwinden. — Ein von chinesischen Schriftstellern erwähnter neuer Stern ist vielleicht mit ihm identisch; doch stimmen nicht alle angegebenen Umstände.

19) „Ansehnliche Grösse." (*Matuonlin*). „Im Südwest." — Sonst nichts weiter.

20) *Anthelm* entdeckte ihn 20. Juni 1670 am Kopfe des Fuchses. Anfangs 3. Grösse, am 10. August 5ter. Nach 3 Monaten verschwand er, am 17. März 1671 sah man ihn wieder von 4ter, und *Cassini* fand ihn sehr veränderlich.. Im Anfang 1672 vergebens gesucht; am 29. März 1672 noch einmal in 6. Grösse gesehen und seitdem nie wieder. — *Cassini* und *Maraldi* führen eine grosse Anzahl (gegen 20) von ihnen gesehener neuer Sterne auf. Aber sie bezeichnen Ort und Zeit nicht genau, und die Sterne sollen 4. bis 6. Grösse gewesen sein. Sie können als zu ungewiss hier nicht in Betracht kommen.

21) *Russel Hind* fand ihn auf *Bishop's* Sternwarte (Regent's Park, London) am 28. April 1848. Er war röthlich gelb und 5. Grösse. Er ist jetzt kaum oder gar nicht mehr sichtbar, 1850 im Herbst war er schon 11. Grösse. Er veränderte seine Stellung nicht.

22) Von *Schmidt* zu Bonn im Januar 1850 und bald darauf auch von *Hind* gesehen. Er war 6. Grösse und vom glänzendsten Roth. Sein Ort ist im südlichen Theile des Orion (4^h 52′ 47″ und — 10° 2′ 9″ für 1850). Später ist er nicht wieder aufgefunden worden, obgleich *Schmidt* im December 1850 und im Januar 1851 eifrig danach suchte.

η Argus, von dem bisher nur die im December 1837

und Januar 1838 bemerkte starke Lichtzunahme veröffentlicht war, ist jetzt auch aus anderen Beobachtungen als ein eigenthümlich veränderlicher Stern bekannt. Es fanden ihn nämlich:

1677 *Halley* von der 4. Grösse,

1751 *Lacaille* von der 2. Grösse,

1811—15 *Burchell* von der 4. Grösse,

1822 *Fallows* von der 2. Grösse.

1827 Febr. 1. *Burchell* von der 1. Grösse und gleich α Crucis.

1827 Febr. 29. *Burchell* von der 1 ½. Grösse,

1829—1833 *Johnson* von der 2. Grösse.

1832—1833 *Taylor* von der 2. Grösse,

1834—1837 *Herschel* II. von der 1 ½. Grösse.

1838 Jan. 2. *Herschel* II. von der 1. Grösse und gleich α Crucis,

1842 März 19. *Maclear* von der $<$ 1. Grösse, etwas kleiner als α Crucis,

1843 April. *Maclear* von der $>$ 1. Grösse, gleich dem Sirius, oder doch ihm nahe kommend,

1843 April 11—14. *Mackey* $>$ 1 gleich dem Canopus, und so fand ihn auch *Gilliss* 1850.

Der Stern steht mitten in einem grossen und sehr eigenthümlich geformten Nebelflecke.

Schon von älteren Astronomen ist darauf aufmerksam gemacht worden (u. a. von *Tycho* selbst), dass die meisten neuen Sterne in der Nähe der Milchstrasse oder in dieser selbst stehen. Fast nur der Stern des *Hepidannus* (1012 im Widder) macht eine Ausnahme. — Die meisten strahlten anfangs plötzlich hell auf und nahmen allmählich ab. — Die Dauer ihrer Erscheinung war sehr verschieden, von 3 Wochen bis zu 21 Jahren.

Ausser den in diesem Verzeichnisse vorkommenden wiederverschwundenen Sternen sind andere dauernd verschwundene nicht mit Sicherheit bekannt. Manche mögen durch Verwechselung in die Stern-Verzeichnisse gekommen sein. Andere vermeintlich Fixsterne, die verschwunden schienen, sind Wandelsterne gewesen und später als Planeten wieder erkannt worden (so Uranus und Neptun). Möglich bleibt der Vorgang immer, und zudem ist ein für uns verschwundener Stern deshalb allein eben so wenig ein vernichteter, als der neu gesehene nothwendig ein neu erschaffener ist.

§. 237.

Wir haben im Bisherigen die verschiedenartigen Phänomene, welche man Veränderungen an den Fixsternen selbst zuzuschreiben genöthigt ist, betrachtet; es fragt sich nun, ob und welche Ursachen dieser Veränderungen sich angeben lassen. Was die periodisch veränderlichen Sterne betrifft, so bieten sich zwei Erklärungen dar, für welche unser Sonnensystem Analogien an die Hand giebt: eine Rotationsbewegung und die Umdrehung eines dunkelen (planetarischen) Körpers um den helleren. Im ersten Falle muss man sich vorstellen, dass der Fixstern nur mit einer Seite, vielleicht nur um einen Punkt seiner Oberfläche herum, stark leuchte, während die übrigen Theile einen schwachen, oder bei völlig verschwindenden Sternen vielleicht auch gar keinen Glanz haben. Wo die Veränderlichkeit nur gering ist, kann man auch annehmen, dass die eine Seite blos mit zahlreicheren Flecken besetzt ist als die andere. Sind diese Flecken gleich denen unserer Sonne, in sich selbst veränderlich, so kommt nur eine schwankende oder auch gar keine bestimmte Periode der Veränderlichkeit heraus, und das Maximum oder Minimum ist nicht jedesmal dasselbe: eine genau innegehaltene Periode deutet hingegen auf constante Flecke. — Bei der zweiten Erklärung muss man annehmen, dass der umlaufende Körper sich in einer Ebene bewege, welche ganz oder nahezu durch das Sonnensystem geht, und dass seine Grösse, mit der des Hauptkörpers verglichen, beträchtlich sei. Dem Gesetze der Schwere wäre es sogar nicht entgegen, wenn das Volumen des umlaufenden Körpers grösser als das des centralen wäre, da ja seine Masse dennoch kleiner sein könnte, oder auch, wenn der selbstleuchtende Körper um einen grösseren dunkelen liefe. Es wäre dies nichts weiter als die vierte mögliche Combination zu den drei notorisch vorhandenen: dunkele Körper um dunkele, dunkele um leuchtende, leuchtende um leuchtende.*) — Eine dritte Erklärung setzt eine platte, linsen-

*) Was ich hier 1841 nur als eine auf allgemeine Voraussetzungen sich gründende Vermuthung aussprach, scheint sich durch die Untersuchungen *Bessel's* über die eigene Bewegung des Procyon und Sirius praktisch bestätigen zu wollen. Er findet, dass die Annahme einer gleichförmigen und der Zeit proportionalen eigenen Bewegung bei diesen beiden Sternen unstatthaft sei, und zeigt, dass dies nicht wohl eine andere Erklärung zulasse, als die Annahme grosser uns unsichtbarer Massen, welche in der Nähe dieser Sterne stehen und um welche sie laufen. Vergl. den Abschnitt über Doppelsterne.

förmige Gestalt des Fixsterns voraus, und lässt ihn so rotiren, dass er uns wechselsweise die Kante und die breite Fläche der Linse zukehrt.

Die erstere Annahme dürfte bei den meisten periodisch veränderlichen Sternen die angemessenste sein. Sie erläutert allerdings nicht Alles; denn es bleibt der Umstand, dass die Zunahme des Lichts oft beträchtlich schneller als die entsprechende Abnahme geschieht, unerörtert, obwohl er der angenommenen Erklärung wenigstens nicht widerspricht. Die zweite scheint bei Algol der Wahrheit am nächsten zu kommen; ist sie die richtige, so beobachten wir alle 69 Stunden eine Algolsfinsterniss, bewirkt durch einen dunklen Körper, der etwa 8 Stunden gebraucht, um in seiner Bahn eine Strecke zurückzulegen, welche der Summe seines eigenen und des Algol-Durchmessers gleich ist. Die dritte hat zu viel gegen sich. Körper, welche eine, den Gravitationsgesetzen entsprechende, Rotationsbewegung haben, drehen sich stets um ihre kleinste Axe, sie können also in Folge dieser Bewegung keine Verschiedenheit der perspectivischen Projektion zeigen, oder man müsste sie zu Ellipsoiden machen, in denen auch die Parallelen sehr lange und schmale Ellipsen wären. Doch auch so noch würde die lange Dauer des kleinsten Lichts, verglichen mit der viel kürzeren des grössten, der Annahme entgegen sein.

§. 238.

Indess sind die Erscheinungen wohl zu mannichfaltig und verschiedenartig um ihnen durch eine und dieselbe Erklärungsweise genügen zu können, namentlich aber sind es die plötzlich aufleuchtenden und bald wieder verschwindenden sogenannten neuen Sterne, die den Theoretiker in Verlegenheit setzen. Schwer nur würde man sich entschliessen, nach der im 16. Jahrhundert herrschenden Meinung in dem neuen Stern von 1572 eine in allgemeinem Feuer untergehende Welt zu erblicken, sondern eher geneigt sein, die ähnlichen Erscheinungen von 945 und 1260 als faktisch anzunehmen und in dieser periodischen Wiederkehr eine dort stattfindende Ordnung der Dinge zu suchen. Warum sollten auch alle Systeme nach dem Muster unseres Sonnensystems geformt sein, und warum sollten die Fixsterne, unter sich und mit der Sonne verglichen, eine geringere Verschiedenheit zeigen, als z. B. die Planeten Ceres und Saturn?

Welche Ursachen aber auch immer den oben angeführten

Phänomen zum Grunde liegen mögen: ihre Wirkung muss jedenfalls eine gewaltige, ungewöhnlich grosse und ausgedehnte sein. Wenn Körper, die trotz ihrer wahrscheinlich höchst ansehnlichen Massen und Durchmesser unseren stärksten Vergrösserungen sich stets nur als Punkte zeigen, ihren Glanz dergestalt verändern, wie Mira Ceti oder γ Hydrae, so sieht man leicht, dass nur die ungeheuerste Umwälzung solche Wechsel hervorzubringen vermag. Es können diese uns unbekannten Ursachen bei vielen, ja den meisten Sternen vorhanden und wirksam, aber uns verborgen sein: nur bei den wenigen, wo sie in ganz ausgezeichneter Stärke, in den schroffsten Gegensätzen auftreten, ahnt der Erdbewohner ihr Dasein. Unsere Sonne würde etwas der Art für grosse Fernen erst dann wahrnehmen lassen, wenn etwa eine ihrer Seiten mit 15—20mal so viel Flecken, als sie bei der grössten Frequenz zu zeigen pflegt, versehen, die andere aber fleckenfrei wäre. — Die Land- und Wasserhalbkugel der Erde mag für entfernte Beschauer etwas Aehnliches darbieten.

Noch könnte man geneigt sein, die an Castor, α Hydrae und anderen oben angeführten Sternen vermutheten sehr langsamen Veränderungen einer wachsenden oder abnehmenden Distanz von unserer Sonnn, in Folge eigener Bewegungen, zuzuschreiben. Allein eine nähere Prüfung zeigt uns, dass selbst die stärksten bekannten eigenen Fixsternbewegungen erst nach Jahrtausenden einen oder einige Grade betragen *), und es ist daher nicht anzunehmen, dass die genannten Sterne eine uns unbekannte Bewegung (es könnte nur eine solche sein, die ganz in die Richtung unsrer Gesichtslinie fiele) haben sollten, welche so bedeutende Stellungsveränderungen bewirkte. Erst nach einer sehr grossen Zahl von Jahrtausenden könnte Etwas der Art sich zeigen, selbst wenn man sich die günstigsten der hier möglichen oder wahrscheinlichen Fälle denkt. Die Fixsternwelt im Allgemeinen ist kein Schauplatz grosser und schneller Veränderungen, und es wird eine geraume Zeit verfliessen, ehe die Beobachtung uns hinreichende

*) Ein Stern 7ter Grösse im grossen Bären, der unter allen die stärkste eigene Bewegung hat, rückt gegenwärtig in 500 Jahren einen Grad des grössten Kreises am Himmel fort. Nach 2000 Jahren werden etwa 20 Fixsterne ihren Ort am Himmel 1° oder darüber verändert haben, alle übrigen weniger und grösstentheils viel weniger. Wenn ein Stern verhältnissmässig eben so rasch, wie der erwähnte teleskopische sich bewegt, auf unsere Sonne direkt zurückte, so würde er 14000 Jahre brauchen, um seine Entfernung von der Sonne auf die Hälfte herabzubringen. Dadurch würde er etwa um 1 oder $1\frac{1}{2}$ Grössen zunehmen.

Data geliefert hat, um eine Theorie dieser Veränderungen versuchen zu können. Soll überhaupt dies jemals gehofft werden, so müssen noch manche höchst wesentliche Mängel der jetzigen Beobachtungsmethode, die in Bezug auf Helligkeitsbestimmungen nur eine Schätzungsmethode ist, eintreten, wozu die neuesten Fortschritte der Photometrie allerdings Aussicht eröffnen.

Elfter Abschnitt.

Die Nebelflecke und die ihnen ähnlichen Bildungen.

§. 239.

Bereits mit unbewaffneten guten Augen gewahrt man an mehreren Stellen des Himmels einen matten Schimmer, welcher die Dunkelheit des Himmelsgrundes vermindert, so wie auch Sterne, welche nicht als scharfe und bestimmte Lichtpunkte wie die meisten übrigen, sondern gleichsam verwaschen sich zeigen. Diese Wahrnehmungen aber geben kaum eine ferne Ahnung von dem, was das bewaffnete Auge erblickt.

Die Aufmerksamkeit der Astronomen ist bis jetzt — und zwar aus nahe liegenden Gründen — unter allen Objecten der Beobachtung diesem am wenigsten zugewandt gewesen, dennoch ist das, was wir darüber wissen, hinreichend, um uns einen Blick in das Universum zu eröffnen, der alle Vorstellungen von der Grösse desselben, welche die bisherigen

Betrachtungen uns gewährt hatten, weit hinter sich zurücklässt. Doch es handelt sich zuförderst um die Thatsachen der Beobachtung.

Das Fernrohr zeigt uns Stellen, welche mit einem dem Schimmer der Milchstrasse ähnlichen Glanz die Dunkelheit des Himmelsgrundes unterbrechen, und die man mit dem Namen Nebelflecke bezeichnet hat. Sie kommen in allen Grössen und Formen vor, von mehreren Graden bis zu wenigen Sekunden, von der runden (zuweilen scharf kreisrunden) oder elliptischen Gestalt bis zur gänzlichen Regellosigkeit und Unförmigkeit. Es zeigt uns ferner, dass in diesem Nebel, und oft grade in der Mitte, kleinere und grössere Sterne stehen; oder doch, dass irgend ein Theil des Nebels kernartig verdichtet ist. Oft gelingt es stärkern Ferngläsern, das, was in schwächern als Lichtnebel erschien, gleich der Milchstrasse ganz oder zum Theil in Sterne aufzulösen, so dass man einen dichten Sternhaufen wahrnimmt. Bei andern Nebelfecken gelingt zwar diese Auflösung nicht in dem Grade, dass man im Stande wäre, Sterne einzeln zu unterscheiden, doch aber so, dass man sich überzeugen kann, das Ganze bestehe aus sehr vielen Sternen, ähnlich wie man in einem Haufen Sand oder Getreide in einer gewissen Entfernung nicht mehr die einzelnen Körper erkennen, gleichwohl aber noch hinreichend deutlich sehen kann, dass er aus solchen Körnern bestehe. Aber eine sehr grosse Anzahl von Nebelflecken bleiben noch übrig, bei denen nicht die geringste Annäherung zu einer Auflösung wahrgenommen werden kann. Darunter gehört z. B. der grosse in der Andromeda, der unter allen zuerst (1612 von *Simon Marius*) entdeckte, bei dem bis jetzt noch kein Fernrohr etwas anderes gezeigt hat, als einen gegen die Mitte kernartig verdichteten, ovalen Nebelfleck. Zwar hat *Lamont* im Kerne hellere und dunklere Theile unterschieden, aber nicht deutlich genug, um sie darzustellen.

Die gänzlich aufgelösten Nebelflecke führen nun den Namen Sternhaufen, und unter ihnen finden sich einige, in denen wir über 10000 Sterne wahrnehmen und unterscheiden können. Wiewohl sie an Helligkeit sehr verschieden sind, so gehört doch der Fall zu den seltnern, dass ein einzelner Stern vor allen andern bedeutend und gleichsam als Centralstern hervorstrahle. Dagegen ist gewöhnlich die Mitte dichter und reichlicher mit hellern Sternen besetzt als das Uebrige.

Einzelne Gegenden des Himmels sind ausgezeichnet reich an Nebelflecken und Sternhaufen; in andern scheinen sie so gut als ganz zu fehlen. Die Gegend, wo der Schild Sobiesky's der Schütze und Scorpion zusammenstossen, die Jungfrau, An-

dromeda und Orion, sind sehr reich an Nebelflecken, und unter ihnen befinden sich die grössten und hellsten.

§. 240.

Nach *Simon Marius* haben sich *Huygens*, *Kirch*, *Le Gentil*, *La Caille* und besonders *Messier* um die Beobachtung und Beschreibung der Nebelflecke verdient gemacht; der letztere lieferte ein Verzeichniss von 101 Nebelflecken und Sternhaufen, die er nach AR. und Decl. bestimmte und im Allgemeinen beschrieb. Er bediente sich zu seinen Beobachtungen indess nur eines 3½ füssigen Dollond, weshalb seine mit grosser Sorgfalt und Beharrlichkeit durchgeführte Arbeit durch *William Herschel's* bald darauf folgende weit übertroffen ja entbehrlich wurde.

Herschel wandte die mächtigen, allen gleichzeitigen an optischer Kraft ohne allen Vergleich überlegenen Telescope, die er durch *Georg's* III. Freigebigkeit zu verfertigen und aufzustellen in den Stand gesetzt war, vorzugsweise zur Untersuchung der Doppelsterne und Nebelflecke an, von denen er nach einander in den Jahren 1786, 1789 und 1802 drei Verzeichnisse lieferte. Er unterscheidet 8 verschiedene Klassen, und führt in diesen als (mit sehr geringen Ausnahmen) von ihm selbst entdeckt auf:

288	glänzende Nebelflecke
907	schwache -
978	sehr schwache -
78	planetarische -
52	sehr grosse -
42	sehr gedrängte und reiche Sternhaufen
67	dichte Sternhaufen
88	grob zerstreute Sternhaufen.
2500	Objecte, nämlich 2303 Nebelflecke und 197 Sternhaufen.

Er bestimmt ihre Rectascensions- und Declinations-Unterschiede gegen benachbarte Sterne und giebt auch von jedem eine allgemeine Beschreibung, jedoch von den meisten nur so viel, als zur sicheren Wiedererkennung nöthig ist. Diese Arbeit übertrifft nicht allein alles bis dahin, sondern selbst alles seitdem in diesem Felde Geleistete; sie gewährte ihrem Urheber das Material, worauf er seine grossartigen Ansichten

über den Bau des Himmels gründete, die ihm, wie Vieles auch spätere Zeiten davon modificiren und selbst wesentlich verändern mögen, die Bewunderung aller Jahrhunderte sichern werden. Um wie Vieles müsste unsre Kenntniss des Weltgebäudes seitdem fortgerückt sein, wenn man unablässig in *Herschel's* Geiste, und mit den vervollkommneten Hülfsmitteln unsrer Tage, fortgearbeitet hätte — wenn nicht ein Menschenalter hindurch verwüstende Kriege die Aufmerksamkeit wie die Kräfte der Nationen und ihrer Lenker in Anspruch genommen hätten! — Erst der Erbe seines Namens trat in seine Fusstapfen, und gewährt unserm Jahrhundert ein Beispiel, wie die Weltgeschichte sehr wenige aufzuweisen hat — ein grosser Vater, geistig fortlebend in einem noch grösseren Sohne! — *John Herschel*, der Sohn, hat in den Jahren 1834 bis 1838 den südlichen Himmel durchmustert und seinen Fleiss durch eine reiche Ausbeute von Nebelflecken belohnt gesehen.

Auf den Arbeiten beider *Herschel* fortbauend hat *Lamont* vor mehreren Jahren eine Untersuchung sämmtlicher Nebelflecke mit dem 18füssigen Fernrohr, welches die Sternwarte Bogenhausen zu einer der ersten der Welt erhebt, begonnen. Er beabsichtigt nicht allein eine genauere Ortsbestimmung, sondern mehr noch eine in's Einzelne gehende physische Beschreibung dieser Massen zu geben. Bis jetzt besitzen wir erst wenige, aber höchst wichtige Resultate dieser Arbeit *Lamont's*.

D'Arrest in Leipzig (jetzt in Copenhagen) hat mehrere hundert Nebelflecke, darunter auch einige neue, besonders in Beziehung auf Ortsbestimmung, betrachtet; *Rosse* (zu Parsonstown in Irland) mit seinem Riesenteleskop viele bisher unauflösliche in einzelne Sterne zerlegt.

§. 241.

Die acht Klassen, welche *Herschel* aufgestellt hat, sind, wie man sieht, nichts weniger als bestimmt begrenzte. Wie wäre dies auch möglich bei unsrer noch so überaus mangelhaften Kenntniss dieser räthselhaften Gebilde!

Die 1., 2. und 3. Klasse sind rein relative Unterschiede, welche dazu dienen mögen, vorläufig zu unterscheiden, welche Nebelflecke man in einem gegebenen Fernrohr zu sehen hoffen darf. Da sie überdies nur auf Schätzungen beruhen, so kann es leicht kommen, dass zwei verschiedene Beobachter, ja einer und derselbe an verschiedenen Abenden, den gleichen Nebelfleck bald als hell, bald als schwach bezeich-

nen. Mehrfache Beispiele dieser Art kann man in *Herschel* II. Verzeichniss von Nebelflecken finden. Von ganz eigenthümlicher Art ist dagegen die vierte Klasse, welche *Herschel* planetarische Nebelflecke nannte. Es sind kreisförmige oder auch elliptische Scheiben von regelmässiger Gestalt und meist scharfer Begrenzung, im Durchmesser von wenigen Sekunden bis zu 3 — 4 Minuten hinauf, zuweilen ganz gleichförmig hell, zuweilen wie flockig, oder auch an einer Seite heller als an der anderen; nicht selten am Rande herum heller als im Innern. Noch bei keinem dieser Flecke ist eine Auflösung in Sterne gelungen, nur einzelne schwache Sterne stehen zuweilen in ihnen, oder doch in unmittelbarer Nähe. Die meisten gehören, ihrer Grösse ungeachtet, zu den schwachen und schwer erkennbaren Gegenständen.

Als sehr grosse Nebel bezeichnet *H.* die, welche im Felde eines sehr stark vergrössernden Fernrohrs nicht mehr ganz übersehen werden können, also 4 — 6 Minuten an Durchmesser übertreffen, wie der Andromeda- und Orion-Nebel. Sie gehören meistens auch zu den hellern und waren schon früher bekannt, auch hatte man bereits versucht, einige derselben graphisch darzustellen. Gewöhnlich enthalten sie einzelne Sterne, was indess ganz zufällig und blos optisch sein kann, da es im Gegentheile zu verwundern wäre, wenn so grosse Flächen, (einige dieser Nebel ziehen, sich einen Grad und weiter fort) keine teleskopischen Sterne enthalten sollten, von denen, wenn man ihre Zahl nur zu 10 Millionen setzt, durchschnittlich 240 auf jeden Quadratgrad fallen, so dass mit einem 4 — 5 Minuten im mittleren Durchmesser haltenden Nebel der Wahrscheinlichkeit nach ein teleskopischer Stern optisch verbunden sein wird. Diese sehr grossen Nebel sind übrigens meist unförmlich, und es lässt sich durchaus kein Typus ihrer Gestalt annähernd feststellen.

Die 6., 7. und 8. Klasse, oder die Sternhaufen, sind abermals relative Differenzen. Zu ihnen kann man auch diejenigen Gegenden rechnen, in denen, über mehrere Grade der Rectascension und Declination hin, eine grosse Menge Sterne verbreitet sind, wie Praesepe im Krebse, das Haar der Berenice, die Umgegend Arcturs und die sternreiche Partie zwischen den Stierhörnern, die man grösstentheils schon mit blossen Augen erkennt. Diese würden zur 8. Klasse, und zwar zu den am gröbsten zerstreuten gehören. Dagegen kommen in der 6. Klasse mehrere vor, wo selbst die

stärksten Ferngläser noch immer ein überaus dichtes, unentwirrbares Gewimmel von Sternen zeigen.

§. 242.

Wir kommen zu der schwierigen Frage über die Natur dieser Massen, ihre Entfernung und Austheilung im Weltraume u. s. w. Beginnen wir von der letzten Klasse, so ist es wohl keinem Zweifel unterworfen, dass sie sämmtlich der grossen Fixsternwelt, deren äussersten Umfang die Milchstrasse bezeichnet, angehören. Es sind einzelne Anhäufungen vermöge gegenseitiger Anziehung, in einzelnen Fällen auch wohl um einen partiellen Centralstern, wie sie bei der ungeheuren Anzahl der Fixsterne schon an sich höchst wahrscheinlich sind.

Indess sind einzelne dieser Sternhaufen so dicht gedrängt und dabei von so geringem Durchmesser, dass neben der obigen Erklärung gar wohl eine andre Platz finden kann. Wenn diese Haufen nicht, wie die Plejaden und die Arcturs-begleiter, Hunderte, sondern Tausende und Zehntausende von unterscheidbaren Sternen (und also gewiss noch eine weit grössere Anzahl ununterscheidbare) enthalten, so mögen sie eben so gut weit ausserhalb der Milchstrasse, also der ganzen zusammengehörenden und von diesem Gürtel umschlossenen Fixsternwelt, als innerhalb derselben zu setzen sein. Sie können gar wohl selbst solche Weltinseln sein, und, aus einem Punkt in ihrem Innern betrachtet, denselben Anblick darbieten als die, zu welcher wir und unsre Sonne gehören.

Was schon hier als möglich, ja als wahrscheinlich gesetzt werden muss, wird nun aber vollends in Rücksicht der gänzlich unauflösbaren Nebelflecke fast unabweisbar. Dass sie nämlich aus einer kometenartig verdünnten, nebelartigen leuchtenden Masse bestehen sollten, ist wenigstens für diejenigen unter ihnen, welche nicht planetarische oder diesen nahe kommende, sondern ganz regellos und zum Theil höchst abenteuerlich geformte Nebel sind, nach den Gesetzen der Schwere unmöglich. Sie würden sich nicht Jahrhunderte hindurch so erhalten, sondern, auch angenommen, dass sie bei ihrer ersten, uns gänzlich unbekannten, Entstehung diese Formen gehabt hätten, sich durch gegenseitige Anziehung der Theile längt in eine rundliche Masse zusammengezogen haben. Ein aus vielen einzelnen, in sich abgeschlossenen und selbstständigen Massen (Sternen) bestehendes Ganze kann dagegen jede Form haben, und es ist hier eben so wenig als z. B. beim Planetensystem

unsrer Sonne, erforderlich, dass sie sich für eine beliebige Zeit nach einem gewissen geometrisch regelrechten Schema gruppiren. Folglich müssen wir annehmen, dass bei weitem die meisten Nebelflecke, absolut genommen, auflöslich, d. h. wahre Sternhaufen sind. Ihre relative Unauflöslichkeit kann daher nur Folge der ungeheuren Entfernung sein, und so sind wir genöthigt, uns in ihnen grosse Sterngruppen (Weltinseln) ausserhalb der unsrigen vorzustellen. Daher kann es nicht verwundern, wenn die weit überwiegende Mehrzahl zu den schwächsten, nur in Fernröhren ersten Ranges überhaupt noch sichtbaren Objecten des Himmels gehört.

§. 243.

Von den mehr regelmässig gebildeten, wenngleich nicht eben planetarisch scharf begrenzten Nebelmassen ist dagegen die Annahme zulässig, dass sie überhaupt nicht aus Sternen, sondern aus verdünnter leuchtender Masse, gleichsam Sternmaterie, bestehen und sich zu den dichtern Körpern der eigentlichen Sterne etwa so wie die Kometen zu den Planeten verhalten. Hiernach wäre es allerdings möglich, dass sie zu unsrer Weltinsel gehörten und an den gegenseitigen Anziehungen derselben Theil nähmen. Für die eigentlichen planetarischen Nebel ist dies sogar die wahrscheinlichste Erklärung, da eine scharfe Abrundung eines aus sehr vielen weit entfernten Fixsternen bestehenden Haufens mindestens ein sonderbarer Zufall wäre, der sich, bei der unzähligen Menge gleich möglicher Formen, wohl nicht 78 mal unter 2500 wiederholen würde.

Man hat mehrfach die Meinung geäussert, die Nebelflecke möchten der gleichsam noch ungeformte Grundstoff der Kometen und mit diesen also von gleicher Natur sein; eine Ansicht, welche bei näherer Betrachtung sich als unhaltbar zeigt.

Die Nebelflecke, selbst angenommen, dass sie innerhalb unsers Fixsternhaufens gelegen sind, bestehen jedenfalls aus selbstleuchtender Materie, und ihre Entfernung ist nach Millionen von Sonnenweiten zu schätzen. Der Komet dagegen ist, ausser in der Erd- und Sonnennähe, so unscheinbar, dass man noch nie dahin gelangt ist, irgend einen bis über die Jupitersbahn, also auf 5 Sonnenweiten, hinaus zu verfolgen und man es sogar als seltne Ausnahme betrachten muss, wenn er in der Gegend, wo Ceres und Pallas laufen, sich

unsern Fernröhren noch darstellt. Es ist ferner nicht wohl abzusehen, wie unsre Sonne im Stande sein sollte, in so ungeheuren Fernen noch durch ihre Attraktion prädominirend zu wirken. Die Bewegungen werden mit dem zunehmenden Abstande, nach dem Gesetze der Schwere, immer langsamer; so durchläuft der Komet von 1680 in seinem Aphelio nur 12 Fuss in der Sekunde, und doch ist sein Abstand gegen den der Nebelflecke eine gänzlich unbedeutende Grösse. Billionen von Jahren wären erforderlich, um eine Nebelmasse oder einen Theil derselben als Komet in die Nähe der Sonne zu bringen. Ueberdies wenn man die beiden Extreme, Nebelflecke und ausgebildete Kometen. wahrnimmt, warum nicht auch die Uebergänge?

Denn dass die Entfernung der Nebelflecke jedenfalls in Fixsternweiten reiche. geht aus ihrem unveränderlichen, oder doch nur sehr geringen Veränderungen unterworfenen, Stande hervor, obwohl gerade hierin die Beobachtungen uns noch fast gänzlich verlassen. Zur absoluten Ortsbestimmung in Meridianfernröhren sind sie zu schwach und zu wenig bekannt: kaum dürfte dies mit einigen der hellern planetarischen Nebel versucht werden. Es bleibt also nur die vergleichende gegen benachbarte Sterne, oder die Ablesung an den Kreisen parallactisch aufgestellter Riesenfernröhre übrig. Bis jetzt sind die Vergleichungen *Herschel's* das Einzige, was wir unsern jetzigen Bestimmungen gegenüberstellen können. Indess so viel geht mit Sicherheit aus den bisherigen Daten hervor, dass grössere eigne Bewegungen als an stark bewegten Fixsternen bei den Nebelflecken nicht stattfinden, und dass eben so wenig Formveränderungen bis jetzt nachgewiesen werden konnten.

§. 244.

Die vermeinte Metamorphose der Nebelflecke in Kometen führt uns auf eine verwandte, nur freilich viel umfassendere Ansicht *Herschel's*, welcher in ihnen gleichsam den Weltenstoff erblickte. Von der Formlosigkeit und unbegrenzten Ausbreitung zur bestimmteren Kreisform, von dieser weiter zur kernartigen Verdichtung einzelner Punkte, weiter zur Bildung selbstständiger Individuen (Sonnen) durch Contraktion aus diesen Sternen, endlich zur Ausbildung der Planeten u. a. Sonnenbegleiter, finden nach dieser Ansicht Stufen statt, nicht blos räumlich neben-, sondern successiv nach einander. Das Universum ist sonach eine fortwährende Werkstätte von Welten und Weltenansammlungen. Was jetzt noch Nebelfleck ist, wird

einst als Sternhaufen glänzen, und es gab eine Vorzeit, in welcher nichts als unbegrenzte Nebelmassen vorhanden waren.

Zu Gunsten dieser Ansicht könnte man noch anführen, dass der Zustand des Himmels, den wir jetzt erblicken, nicht nothwendig der gegenwärtig wirklich bestehende ist: denn wenn das Licht von α Lyrae 12 Jahre gebraucht, so wird es von einem tausendmal entfernteren Gegenstande 12000 Jahre bis zu uns gebrauchen, und ihn folglich so zeigen, wie er vor 12000 Jahren war. Wenn *Herschel* die Zeit des Lichts für den entferntesten, durch sein Teleskop noch wahrnehmbaren Nebelfleck auf zwei Millionen Jahre schätzt, so bietet uns das, was uns diese neueste Zeit über Entfernungen in der Fixsternwelt gelehrt hat, keinen Grund, seine Schätzung für übertrieben zu halten*). So identificiren sich gleichsam Zeit und Raum in dem, was das leibliche Auge wahrnimmt, und wenn wir Entferntes und Nahes einander gegenüberstellen, so müssen wir nothwendig Vergangenheit und Gegenwart in unsre Vergleichung mit aufnehmen.

Der berühmte Urheber dieser Ansicht war weit entfernt, sie in der Form eines abgeschlossenen Systems vorzutragen; er war ein viel zu gründlicher Selbstforscher, um mit den anmaasslichen Weltbaumeistern, die besonders in den letzten Decennien (am meisten in kleinen Städten) so zahlreich aufgestanden sind und deren jeder einzelne sich hoch über *Newton* stellt, das Allermindeste gemein zu haben. Auch hat er selbst seine Ansichten später mannichfach modificirt. Er nahm z. B. auch einen nicht leuchtenden Nebel an, der

*) Setzen wir den Halbmesser unsrer Welteninsel auch nur auf 4 Jahrtausende Lichtzeit, und bedenken wir, dass die meisten Nebelflecke unter 1 Minute Durchmesser, also unter 30" Halbmesser haben, so folgt, dass sie um mehr als das 7000fache ihres Halbmessers von uns entfernt sind. Dadurch erhielten wir, wenn wir jene Welteninseln unsrer Fixsternwelt durchschnittlich an Grösse gleichsetzen, sogar gegen 30 Millionen Jahre Lichtzeit für sie. — Noch eine andre Betrachtungsweise dieses Gegenstandes führt uns zu ähnlichen Schlüssen: Die zu einem System vereinigten Körper sind stets von den zunächststehenden ähnlich organisirten Systemen durch Räume getrennnt, die mindestens auf das Hundertfache des Durchmessers jener Systeme sich erstrecken. Beträgt der Durchmesser unsrer Fixsternwelt 8000 Jahre, so wird der ihm zugehörende Theil des Weltenraums wenigstens auf 400000 Jahre Durchmesser zu setzen sein; nun sind mehrere Tausende von Nebelflecken vorhanden mit ähnlichen Raumsphären, so dass wir auch auf diesem Wege weit über *Herschel's* Schätzung hinaus gelangen. Diese „ältesten Zeugnisse vom Dasein der Materie," wie *Humboldt* die Nebelflecke genannt hat, sind gewiss der höchsten Beachtung würdig.

sichtbar werde, wenn ein hinter ihm stehender Fixstern durchscheine. Die Wahrnehmung, dass, so oft ein einzelner, allem Anschein nach ausgebildeter Fixstern, in einem übrigens gänzlich unauflösbaren, Nebelflecken stehe, führte ihn auf diese Vermuthung.

Nicht unpassend dürfte es sein, die Aeusserungen seines Sohnes über diesen Gegenstand zu vernehmen;

„Die Natur der Nebel kann uns offenbar niemals näher bekannt werden als sie gegenwärtig ist, ausser auf folgende zwiefache Weise: entweder durch unmittelbare Beobachtung von Veränderungen an einem oder einigen unter ihnen, oder durch Vergleichung einer grossen Anzahl derselben, die uns in den Stand setzen wird, eine Reihe oder Reihenfolge herzustellen, fortschreitend von den zweideutigsten Gegenständen bis zu denjenigen, über deren Natur kein Zweifel obwalten kann."

„Die letztere Methode ist in einer sehr ausgedehnten Weise von meinem Vater versucht worden, in seinen spätern Abhandlungen über den Bau des Himmels*); und wenn einige Glieder weniger deutlich sich bemerken lassen, als andre, so zeigt sich doch im Ganzen eine hinreichend scharf ausgedrückte Reihenfolge, eine hinreichende Vermeidung merklicher Sprünge, um wenigstens die Möglichkeit der Ansicht zu unterstützen, dass ein unmerklicher Uebergang vom Zustande der Nebel zum Zustande der Fixsterne bestehe."

„Indess sind alle kosmologischen Gründe, die auf Beobachtung eines solchen Ueberganges sich stützen, dem Einwurfe ausgesetzt, dass, so unzweideutig auch eine Stufenfolge zwischen einer grossen Anzahl gleichzeitig existirender Individuen hergestellt werden möge, man dadurch noch keinen Grund erhält zu dem Glauben, dass jedes Individuum durch alle Stufen gegangen sei oder gehen könne, oder überhaupt in einem Zustande allmählichen Fortschreitens sich befinde. — Unendlich viele Stufen des animalischen Lebens giebt es vom Menschen abwärts bis zu den niedersten Ordnungen; und einige Naturforscher möchten gern eine Stufenfolge einführen, die mit den einfachern Formen anfängt und zu den zusammengesetztern hinaufsteigt; allein so lange das Dasein eines solchen Fortschreitens nicht

*) Sie sind unter obigem Titel gesammelt und in's Deutsche übersetzt 1826 zu Dresden erschienen.

wahrgenommen wird, — so lange jedes erzeugte Thier durch alle Generationen die Mängel des erzeugenden erbt, so können wir höchstens annehmen, dass ein fortschreitender Ausbildungstrieb ursprünglich bestanden und sich wirksam gezeigt haben könne, dass aber alles Fortschreiten im jetzigen Zustande der Natur schon längst sein Endziel erreicht habe."

Auch *Lamont* in seiner bereits angeführten Abhandlung spricht sich zu Gunsten des Stabilitätsprincips aus: „Untersuchen wir die ältesten Quellen, woraus der Stand des Himmels sich erkennen lässt, so findet sich Alles übereinstimmend mit dem, was noch jetzt wahrzunehmen ist." — — „Wenn ich alle Umstände im Zusammenhange berücksichtige, so scheint mir mit grosser Wahrscheinlichkeit der Schluss hervorzugehen, dass das Weltgebäude, nach Beendigung einer etwa stattgehabten Bildungsperiode, schon längst in den Zustand des Gleichgewichts, des gesetzmässigen Wirkens, der Alles erhaltenden Ordnung, übergegangen ist."

Allerdings wird es der Folgezeit, und wahrscheinlich einer sehr späten, überlassen bleiben müssen, zwischen diesen verschiedenen Ansichten zu entscheiden. Aber schon jetzt kann man nicht umhin, sich von jenen mit geringer Anstrengung zu Stande gebrachten, auf *Herschel's* vorsichtigen und zurückhaltenden Aeusserungen fussenden, Theorieen einer unaufhörlichen, ziellosen Metamorphose abzuwenden und einzugestehen, dass noch keine einzige feste geschichtliche Thatsache sich zu Gunsten der oben dargelegten Ansichten ausspricht.

Ueberraschend aber ist die Erweiterung des geistigen Blickes, den diese Weltenmassen uns gewähren. Was uns schon eine Unendlichkeit schien, ist immer wieder nur ein einzelnes Glied eines höheren, umfassenderen Organismus. In welchen Progressionen geht es fort, und wo ist das Ende, wenn überhaupt die immer höher aufsteigende Reihe ein Ziel und Ende hat? Welche gegenseitige Beziehungen sind es, die diese ungeheuern Weltinseln, deren jede einzelne Millionen von Sonnen umfasst, unter einander verbinden? Ist zuletzt Alles, wie weit es auch reiche, an ein allgemeines Centrum geknüpft, und ist etwa hier — wie *Bode* in frommer Begeisterung sich ausdrückt — ein näherer Sitz der über Alles waltenden Vorsehung? — Auch dem kühnsten Geiste unter den Erdbewohnern schwindelt, wenn er diese Fragen auch nur zu denken wagt — er fühlt, dass es in keiner irdischen Sprache Worte geben kann, die einem solchen Gegenstande angemessen wären: er giebt es auf, selbst mit dem Maassstabe des Lichtstrahls in der Hand, sich Räume und

Zeiten vorstellen zu wollen, die seiner Zahlsysteme zu spotten scheinen, und bekennt, dass er hier an der Grenze seines Wissens stehe.

Verzeichniss einer der merkwürdigsten Nebelflecken und Sternhaufen.

§. 245.

Nebelfleck der Andromeda.

Simon Marius fand ihn 1612 und vergleicht ihn mit einem Kerzenlicht, das durch einen halbdurchsichtigen Körper betrachtet wird. Diese Beschreibung passt noch jetzt auf ihn. Den kernartigen mittleren Theil, der 7 Sekunden Durchmesser hat und gleich dem Ganzen länglicht erscheint, konnten *Marius* schwache Ferngläser nicht zeigen. Dieser Kern ist weder gleichmässig hell, noch scharf begrenzt, aber die hellern und dunklern Abtheilungen sind zu klein, und zu zahlreich, um sie zeichnen oder messen zu können. Selbst in den stärksten Vergrösserungen zeigt er nicht die geringste Spur einer Auflösung in Sterne.

Nebel des Orion.

Huygens beschreibt ihn zuerst. Er bildet eins der prachtvollsten und merkwürdigsten Objekte des Himmels, und ist am fleissigsten von den beiden *Herschel*, so wie neuerdings von *Lamont* beobachtet worden. *Herschel* der Sohn hat in den Memoirs of the Astr. Society Vol. II. p. 487. eine sorgfältige Abbildung desselben gegeben. Der glänzendste Theil umgiebt ein Trapez von 4 ziemlich hellen Sternen, deren einer (ϑ Orionis) von 4. Grösse und also dem blossen Auge sichtbar ist. Mit starken Ferngläsern bemerkt man noch zwei sehr schwache zwischen ihnen, und alle 6 sind, wie *Struve* gezeigt hat, höchst wahrscheinlich durch gemeinsame Anziehung unter sich zu einem Systeme verbunden. Noch stehen einige teleskopische Sterne zerstreut in dieser Nebelmasse, die im Ganzen ein flockiges Ansehen hat, und von der einzelne Theile als längere oder kürzere Arme auslaufen, ja zum Theil wie getrennt vom Ganzen erscheinen. *Lamont* konnte die Grenze der hellen und dunklen Abtheilungen mit ziemlicher Bestimmtheit erkennen.

(1970) *Herschel.*

Ein planetarischer Nebel. Sein Licht ist nicht gleichmässig, besonders erscheint nordwestlich ein hellerer Theil; auch ist die Begrenzung nicht sehr scharf. *Lamont* vermuthet, dass er aus einer Menge von Sternen bestehe.

(2047) *Herschel.*

Ein planetarischer Nebel mit ungleichmässigem Lichte. doch sind die Abtheilungen zu klein und zu wenig kontrastirend, um gemessen werden zu können. Seine Stellung hat sich seit *Herschel* nicht geändert.

(2241) *Herschel.* 23^h 17′ 44″ AR. + 41° 36′ Decl.

Ein planetarischer Nebel, an seiner Peripherie heller als in der Mitte. Doch zeigt sich im Norden eine Stelle, wo dieser Ueberschuss der Helligkeit nur gering ist. Eine Vergleichung der Lamont'schen mit den Herschel'schen Messungen scheint eine Verrückung von 6″ in 50 Jahren anzudeuten, indess ist dies nicht völlig gewiss.

(854) *Herschel.* 11^h 10′ 2″ AR. + 14° 1′ Decl.

Ein sehr länglichter Nebel, aus einem Kerne und zwei Armen bestehend, die in entgegengesetzter Richtung mit abnehmender Intensität des Lichts etwa 12″ jeder fortziehen. Das Ganze ist gegen 28 Sekunden lang und von dunstigem Ansehen. Sterne sind nicht darin zu unterscheiden.

(2075) *Herschel.* 20^h 14′ 48″ AR. + 19° 34′ Decl.

Ein sehr bleicher planetarischer Nebel von 50″ Durchmesser, kreisrund und scharf begrenzt. Gegen die Mitte wird er unmerklich heller, und genau im Centrum steht der punktähnliche Kern. — Es scheint, dass dieser Nebel seinen Ort ziemlich schnell verändert.

(2037) *Herschel.*

Ein grosser planetarischer Nebel von schwachem Lichte, rund, gut begrenzt und südlich etwas heller. Er besteht, wie der Augenschein zeigt, aus einer unzählbaren Menge dicht gedrängter Sterne. Gerade am Rande befindet sich ein mit Mühe unterscheidbarer Stern.

(2098) *Herschel.* 20^h 54′ 53″ AR. — 12° 2′ Decl.

Ein Nebelfleck im Wassermann. Er ist elliptisch und die kleine Axe liegt in der Richtung des Meridians. Die Begrenzung bildet ein heller, nach aussen scharfer, nach innen verwaschener Ring, der nördlich breiter und glänzender als im Süden ist; das Innere erscheint durch einen matten Streifen wie in zwei Abtheilungen gesondert. Dicht am Südrande

zieht sich ein schwacher schmaler Nebelstreif concentrisch etwa um den 8ten Theil des Hauptnebels herum, ohne ihn zu berühren. Die Durchmesser sind nach *Lamont* 24″,5 und 18″,3.

(2019) *Herschel.*

Ein Sternhaufen im Sobiesky'schen Schilde. Nur die stärksten Ferngläser zeigen die ungeheure Anzahl dichtgedrängter Sterne, deren 85 auf einem Raume stehen, welchen Venus bedecken könnte. *Lamont* hat ihn genau untersucht und die Sterne mikrometrisch gemessen.

(1622). 13ʰ 22′ 39″ AR. + 48° 4′ Decl. Im grossen Bären dicht unter η (dem am weitesten links stehenden der sieben Hauptsterne). *Messier* entdeckte und beschreibt ihn als einen Nebelfleck ohne Sterne, den man nur schwer mit einem 3½ füssigen Fernrohr sehen kann. Er ist nach ihm doppelt, und jeder hat einen glänzenden Kern. *Herschel* I. dagegen beschreibt ihn als einen hellen runden Nebel, umgeben von einem Hof oder einer Glorie in einiger Entfernung und begleitet von einem andern Nebel. Nach *Herschel* II. theilt sich der umgebende Ring an der südwestlichen Seite in zwei Arme, eine höchst bemerkenswerthe Erscheinung. Man denke sich einen im nordöstlichen Quadranten dieses Nebelflecks befindlichen Planeten, so wird ein Beobachter auf diesem denselben Anblick geniessen, den uns unsre Milchstrasse gewährt.

(2060). 19ʰ 52′ 12″ AR. + 22° 16′ Decl. Nördlich über γ des Pfeils und nahe bei einem Sterne fünfter Grösse stehend. „Durch ein 3½ füssiges Fernrohr sehr gut gesehen, er erscheint länglicht und enthält keinen Stern.“ So *Messier*; *Herschel* I. dagegen zeichnet ihn elliptisch, aber die Umgegend der beiden Brennpunkte der Ellipse bis zum Ende der grossen Axe hin weit schwächer als das Uebrige; auch erkannte er einzelne Sterne in demselben und betrachtet dies als einen Beweis seiner Auflösbarkeit. *Herschel* II. hält es für wahrscheinlicher, dass die Sterne blos optisch mit dem Nebel zusammenhängen, da die ganze Umgegend sehr reich an kleinen Sternen ist. Die kleine Axe der Ellipse durchschneidet den hellern Theil des Ganzen, während die grosse Axe den beiden schwächern Kreisen gemeinschaftlich ist. Gegen die kleine Axe ist das Ganze symmetrisch, und sie muss die Rotationsaxe sein, wenn eine solche stattfindet und das Ganze wirklich physisch eine Nebelmasse ist.

(1486). 12^h 48′ 23″ AR. + 22° 37″ Decl. Im Haar der Berenice. — Ein länglichter Nebelfleck, in der Mitte mit einem kleinen länglichten Kern (vielleicht einem eng geschlossenen Doppelstern? *H.* II.), der von einer dunkeln, halbelliptischen Oeffnung zum Theil umgeben ist. *Herschel* I. zeigte dieses Gebilde *Sir Charles Blagden*, der es mit einem schwarzen Auge verglich.

(218). 2^h 11′ 58″ AR. + 41° 35″ Decl. Zwischen Algol und Alamak (β des Perseus und γ der Andromeda). Sehr länglicht elliptischer Nebel (die grosse Axe fast 10 mal länger als die kleine), das Innere dunkler. Ein höchst schwaches, nur in der Mitte des Gesichtsfeldes wahrnehmbares Objekt, am wahrscheinlichsten ein von der Seite gesehener Sternenring.

(2023). 18^h 47′ 13″ AR. + 32° 49′ Decl. Südlich von Wega. Dieser berühmte Sternenring ist ein ohne grosse Schwierigkeit erkennbares Objekt. Die Ränder haben ein verwaschenes, nebelhaftes Ansehen, etwa wie ein Stern in falscher Brennweite. Nach *Herschel* II. ist das Innere nicht gänzlich dunkel, sondern mit einem höchst schwachen Nebellicht erfüllt, was kein früherer Beobachter erwähnt. Man erkennt in ihm, wiewohl nur mit Mühe, einige feine Sternchen, und das Ganze ist nur wenig elliptisch.

(2002). 18^h 7′ 1″ AR. — 19° 55′ 30″ Decl. In einer an Nebelflecken reichen Gegend an der Grenze des Schützen und des Sobiesky'schen Schildes. Ein schwacher, ovaler planetarischer Nebel, die grosse Axe 50″. Ein schöner Doppelstern steht in (oder vor?) diesem Nebelfleck.

(311). 3^h 58′ 36″ AR. + 38° 19′ 32″ Decl. Oestlich bei ε des Perseus. Ein Stern neunter Grösse (nach *Herschel's* II. Skale), umgeben von einer dünnen Nebelmasse, die planetarisch abgerundet und 75″ im Durchmesser gross erscheint.

(838). 11^h 4′ 49″ AR. + 55° 56′ Decl. Im grossen Bären zwischen β und γ (den beiden untern Rändern). Eine ziemlich helle, grosse gleichförmige Nebelmasse, eine schlecht begrenzte gleichförmige Scheibe darstellend.

(2088). 20^h 38′ 39″ AR. + 30° 6′ Decl. In der Milchstrasse, südlich von ε des Schwans. Ein höchst schwacher, fadenförmiger, gekrümmter Nebel in der Nähe des Doppelsterns *k* des Schwans.

(2092). 20^h 49′ 20″ AR. + 31° 3′ Decl. Nahe nordöstlich beim vorigen, und gleichfalls fadenförmig, nur noch

gestreckter und länger. Die ganze Umgegend erscheint in *Herschel's* Teleskop wie mit cirrus-artigen Nebelmassen angefüllt, nur ist alles höchst schwach. Auch kleine Sterne sind hier in grosser Menge.

(2008). 18^h 10′ 45″ AR. + 16° 15′ Decl. In einer an grössern Sternen armen Gegend des Hercules nahe der Milchstrasse. Die Form ist die eines griechischen Ω, etwas verschoben, und von sehr ungleicher Helligkeit der einzelnen Theile. Der vorausgehende Arm ist der hellste, und diesen hat *Messier* nur wahrgenommen, wogegen *Herschel* I. das Ganze sah. Der Knoten im östlichen Theile des hellen Armes ist, wie *Herschel* II. bemerkt hat, auflösbar, und erscheint gleichsam isolirt von der übrigen Masse. Noch ein kleinerer und schwächerer Lichtknoten findet sich am Ende desselben Armes. *Herschel* II. hat zur genaueren Darstellung dieses merkwürdigen Nebels zu verschiednen Zeiten mikrometrische Messungen angestellt. — *Lamont* konnte keine Sterne in dem erwähnten Knoten entdecken.

(368). 5^h 38′ 2″ AR. — 0° 1′ Decl. Oestlich von δ Orion. Man erblickt zwei Sterne 9. Grösse, 50″ auseinanderstehend, und von einem feinschwirrenden Nebel umgeben.

(1376). 12^h 31′ 11″ AR. — 10° 40′ Decl. Im Parallel von Spica und nördlich von δ des Raben. Der Fall ist dem vorigen ganz ähnlich, nur ist der begleitende Nebel weniger bestimmt vom Hauptnebel getrennt.

(112). 1^h 15′ 0″ AR. + 12° 1′ Decl. Zwischen ε und η in den Fischen. Mindestens 3′ Durchmesser, planetarisch gerundet, doch nicht ganz regelmässig, und nach der Mitte zu verdichtet. Ganz nahe dabei folgt ein Doppelstern.

(1649). 13^h 28′ 53″ AR. — 17° 1′ Decl. Südlich von Spica. Gross, aber sehr schwach, von runder Gestalt, die Ränder ganz unmerklich sich verlierend. Nach der Mitte zu eine Verdichtung von etwa $^1/_{10}$ des gesammten Durchmessers, der 2′ geschätzt wird.

(2051). 19^h 40′ 19″ AR. + 50° 6′ Decl. Zwischen ϑ und ψ des Schwans. Er scheint ein Uebergangsglied zwischen den planetarischen Nebeln und den Nebelsternen zu bilden. Mit jenen hat er die Intensität und verhältnissmässig scharfe Begrenzung, mit diesen den Centralstern gemein. Das ganze hat grosse Aehnlichkeit mit dem

Ansehen, was alle Sterne bei einem gewissen unruhigen Luftzustande gewähren. *Herschel* hält dafür, dass dieser und viele andre (besonders im Orion sehr häufig vorkommende) Nebelsterne ihren Grund in einer ungleichartigen Verdickung des Weltäthers haben — also ein nicht leuchtender Nebel, der nur dadurch sichtbar wird, dass das Licht der Sterne hindurchgeht und in ihm eine Art Brechung erleidet. *Herschel* II. bemerkt indess ausdrücklich, dass er weit entfernt sei, diese muthmaassliche Erklärung auf alle Objekte dieser Art anwenden zu wollen.

(355).	5^h 20′ 11″ AR.	+ 34° 6′ Decl.	Im Fuhrmann, mit φ und χ ein Dreieck bildend.
(2072).	20 9 33 „	+ 30 3 „	Im Schwan, westlich bei *i*, zwischen den beiden Armen der Milchstrasse.
(2075).	20 14 48 „	+ 19 34 „	Im Pfeil, nordwestlich von den Sternen des Delphins.

Diese Nebelflecke gehören zu den planetarischen. (355) ist unter ihnen der bedeutendste, er enthält mehrere sichtbare Sterne und kann schon in einem 3½ füssigen Fernrohre gesehen werden. *Herschel* II. macht darauf aufmerksam, dass so häufig kleine Fixsterne den planetarischen Nebeln äusserst nahe stehen. Er äussert die Vermuthung, diese Sterne möchten Satelliten des Nebelflecks sein. Denn sind die Nebel nicht etwa blosse Schalen, und diesem widerspricht die nach der Mitte zu wahrgenommene Verdichtung bei vielen derselben, während eine hohle Schale das Gegentheil zeigen müsste, so kann ihre Masse, trotz der Verdünnung, des enormen Volumens wegen beträchtlich genug sein, einen Fixstern in einer regelmässigen Laufbahn herumzuführen. Er schlägt deshalb vor, den Positionswinkel dieser Fixsterne zu beobachten, so genau die Form des Nebels es irgend zulässt.

(61).	0^h 39′ 12″ AR.	— 26 13′ Decl.	In einer sehr sternenleeren Gegend südlich unter β des Wallfisches.

(151).	1°	40′	4″	AR.	+ 5°	4′	Decl.	Nordwestlich von α der Fische.
(242).	2	29	46	„	+ 38	19	„	Südwestlich von β des Perseus.
(859).	11	11	22	„	+ 14	32	„	Ganz nahe nordöstlich neben dem vorigen.
(875).	11	14	12	„	+ 13	55	„	In derselben Gegend, südöstlich der beiden vorigen.
(1175).	12	10	33	„	+ 48	14	„	In einer sternenleeren Gegend der Jagdhunde.
(1225).	12	15	6	„	+ 47	56	„	Nahe östlich des vorigen. Man trifft beide auf einer Linie von (12) der Jagdhunde zu γ des grossen Bären, etwa in der Mitte.

Die hier aufgeführten gehören zu den länglichten Nebeln. Man findet alle Uebergänge vom schmalsten Streifen durch die verschiednen Grade der Ellipticität hindurch bis zur Kreisform, und eben so das verschiedenartigste Verhalten rücksichtlich des Hellerwerdens nach der Mitte zu, von einer kaum merklichen Differenz an bis zur sternförmigen Condensation. Nicht selten ist auch der Fall, dass der innere hellere Theil viel weniger elliptisch ist als die äussere Hülle. Daher zeichneten frühere Beobachter oft einen Nebel rund, der in der That stark elliptisch ist, weil sie blos den inneren, helleren Theil sehen konnten. Am auffallendsten zeigt sich dies bei (854). Es folgt aus den Beobachtungen mit hoher Wahrscheinlichkeit, dass die linsenförmige Gestalt der Nebel die am häufigsten vorkommende ist.

(536).	8h	45′	50″	AR.	− 2°	25′	Decl.	In der Wasserschlange in sternenarmer Gegend.
(1148).	12	7	15	„	+ 14	6	„	In der Jungfrau, östlich von β des Löwen.
(1499).	12	50	57	„	+ 35	47	„	Südlich von (12) der Jagdhunde.

(2205). 22h 56′ 26″ AR. + 11° 24′ Decl. Im Pegasus östlich von ζ.
(2236). 23 13 58 „ + 39 54 „ In der Friedrichehre.

Die hier aufgeführten sind Sterne mit nebligem Anhange, einigermaassen den geschweiften Kometen dem Ansehen nach zu vergleichen. Gewöhnlich sind beide, Sterne und Nebel, sehr schwach.

Die höchst merkwürdigen Doppelnebel sind besonders in der Jungfrau sehr zahlreich. Es mögen hier die genäherten Positionen einiger derselben folgen.

		AR.			Decl.		
	(1363).	12h 28′ 28″ AR.			+ 12° 7′ Decl.		In der Jungfrau nördlich über ρ.
	(1146).	12	7	5 „	+ 37 16	„	In den Jagdhunden nördlich vom Haar der Berenice.
(444).	(445).	7	14	50 „	+ 29 48	„	Mit Castor u. Pollux ein fast gleichseitiges Dreieck bildend.
(2197).	(2198).	22	51	12 „	— 43 43	„	Im Wassermann zwischen φ u. δ.
(1405).	(1408).	12	35	4 „	+ 12 29	„	In der Jungfrau westlich von ε.
(1414).	(1415).	12	35	39 „	+ 33 6	„	In den Jagdhunden.
	(1905).	15	0	0 „	+ 20 12	„	Im Bootes, östlich vom Arcturus.
(1358).	(1359).	12	27	55 „	+ 12 11	„	Nordöstlich von ρ der Jungfrau.
(934).	(936).	12	31	24 „	+ 16 17	„	Im Löwen zwischen β und ϑ.
	(1357).	12	27	53 „	+ 26 55	„	

Ein 15′ langer und nur 30″ (in der Mitte) breiter Nebelstreif, diagonal gegen den Meridian stehend. Nach der Mitte zu merklich verdichtet, so dass ein sternförmiger Kern vor-

handen zu sein scheint. Dicht neben ihm und völlig parallel zieht ein zweiter Streif, allein viel schärfer und kürzer als der Hauptstreif, und jenseits desselben in etwa 2' Entfernung ein Fixstern 9. Grösse, so dass eine Perpendikulare von diesem Stern nach dem Nebelstreifen gerade auf den Kern trifft.

(1252). $12^h\ 17'\ 22''$; $+\ 34^0\ 29'$.

Zwei sehr schwache, runde, ineinanderfliessende Nebel, beide mit merklicher Verdichtung. Die Centra der Kerne stehen 2 Min. von einander entfernt: die beiden Nebel haben jeder etwa 3' Durchmesser.

(1202). $12^h\ 13'\ 13''$; $+\ 5^0\ 25'$.

Ein ziemlich heller Nebelfleck von 3' Durchmesser, allmählich zu einem Kerne sich verdichtend. Nahe am Rande des Nebels bemerkt man einen zweiten weit schwächeren Kern, der noch eine besondere Umhüllung zu haben scheint, was dem Ganzen ein gleichsam birnförmiges Ansehen giebt.

(604). $9^h\ 22'\ 32''$; $+\ 22^0\ 15'$.

Fast ganz wie der vorhergehende. Der Hauptnebelfleck ist ziemlich hell, nach der Mitte stark verdichtet, und scheint auflösbar zu sein. Der schwächere, beinahe völlig ausserhalb des Nebelflecks stehende, ist nur mit grosser Mühe wahrzunehmen.

(1146). $12^h\ 7'\ 5''$; $+\ 37^0\ 16'$.

Ziemlich heller Nebelfleck mit zwei gleichen und in einanfliessenden Sternen. In Fernröhren geringerer Kraft erscheint er blos länglicht. Die Kerne fliessen sehr allmählich in den Nebel über; der Durchmesser der ganzen Figur ist etwa 50''.

(444). $7^h\ 14'\ 50''$; $29^0\ 49'$.

In diesem kleinen aber schönen Nebelfleck sind die beiden Kerne bestimmter gesondert, übrigens an Glanz, Grösse und Gestalt völlig gleich. Der umgebende Nebel ist sehr schwach und länglicht. Die Richtungslinie beider fast sternähnlichen Kerne ist diagonal gegen den Meridian (45° oder NO-SW) und ihr gegenseitiger Abstand 30''.

(2197). $22^h\ 51'\ 12''$; $-\ 13^0\ 43'$.

Zwei durch einen schmalen dunklen Raum getrennte, schwache, gegen die Mitte merklich verdichtete und Auflöslichkeit verrathende Nebel. Ihre Form etwas unregelmässig rund. Der südliche ist etwas schwächer, sonst an Grösse und Gestalt dem nördlichen gleich.

(1408). $12^h\ 35'\ 4''$; $12^0\ 29'$.

Zwei um 3' 30'' von einander abstehende, an Glanz,

Grösse und Gestalt sehr verschiedene Nebelflecke. Der vorangehende schwach, stark verwaschen, oval, ohne deutliche Spur eines Kerns. Der nachfolgende und südlich liegende ist beträchtlich heller, grösser, von runder Gestalt und deutlich verdichtetem Kerne. Ein matter neblichter Schimmer scheint beide zu verbinden. Durchmesser des grösseren Nebelflecks 90″.

(1414). 12^h 35′ 40″; + 33° 6′.

Zwei Nebelstreifen, die unter einem Winkel von etwa 120° auf einander treffen und sich sogar zu durchschneiden scheinen. Der südliche ist etwas länger und heller als der nördliche, der fast genau O — W streicht. Beide Nebelstreifen zeigen etwas Kernartiges und gleichfalls in die Länge Gestrecktes.

(1397). 12^h 33′ 54″; + 33° 30′.

Sehr langer Nebelstreif mit einem sehr unbestimmten Kerne. Er erstreckt sich wenigstens 15′ in der Länge und kaum 1′ in der Breite. Nahe nördlich bei ihm ist ein heller Stern und jenseits desselben in etwa 2′ Entfernung vom Hauptnebel ein schwacher, runder, etwas Kernförmiges verrathender Nebelfleck von etwa 60″ Durchmesser. In der That eine sonderbare Zusammenstellung.

(1905). 15^h 0′ 0″; + 20° 12′.

Zwei länglichte Nebelflecke in einer Linie liegend; ihre Centra 2′ von einander abstehend. Beide nur schwach und nach der Mitte wenig verdichtet. Ungewiss, ob ein ganz dunkler Zwischenraum sie trennt.

(1358). 12^h 27′ 55″; + 12° 11′.

Zwei grosse, länglichte, schwache Nebel, beide gegen die Mitte verdichtet; der nördliche etwas kleiner. Die beiden grossen Axen sind einander nicht ganz parallel, und der Zwischenraum ist gleichfalls mit einer sehr dünnen Nebelmasse angefüllt.

(936). 11^h 31′ 24″; + 16° 17′.

Der grössere beider Nebel ist länglicht und nicht besonders schwach, nach der Mitte zu allmählig verdichtet. Die Verlängerung seiner grossen Axe trifft auf einen kleineren, runden, etwas helleren Nebel mit deutlichem Kerne. Die Mittelpunkte stehen etwa 2′ von einander.

(1991). 17^h 52′ 0″; — 23° 1′.

Drei Nebelflecke von nahe hyperbolischer Form, die Scheitel gegen den mittleren dunklen Zwischenraum gerichtet. Die Mitte dieses Zwischenraums nimmt ein schöner Doppel-

stern ein. Das Ganze hat 7' Durchmesser und ist eins der merkwürdigsten Objekte des Firmaments.

§. 246.

Ueber diese Doppelnebel sagt *Herschel II.*:

„Alle die mannigfaltigen Combinationen der Doppelsterne, in Bezug auf Position, Distanz und relative Helligkeit, finden ihr Gegentheil in den Doppelnebeln, ja die Verschiedenheit der Gestalt und des Verdichtungsgrades lassen hier noch eine grössere Mannichfaltigkeit der gegenseitigen Beziehungen erkennen, und es bedarf wohl keiner weitläufigen Untersuchung, um sich zu überzeugen, dass der bei weitem grösseren Mehrzahl dieser Verbindungen ein physischer Connex zum Grunde liegt. Der Beweis, der für die physische Natur der Doppelsterne aus der verhältnissmässigen Seltenheit eines blos optisch zufälligen Näherstehens geführt werden kann, gilt für diese Nebel in noch grösserer Schärfe. So grosse, schwache, wenig in der Mitte verdichtete Nebel, wie z. B. $12^h\ 17'\ 22''$ und $+\ 34^0\ 29'$, vorkommen, sind e i n z e l n viel zu selten, als dass ihre Combinationen zufällige sein könnten. Beobachtungen der Distanzen und Positionswinkel können in Zukunft wichtig werden."

Herschel II. zählt

146 Doppelnebel,
25 dreifache,
10 vierfache,
1 fünffachen,
2 sechsfache.

Es scheint wichtig zu bemerken, dass die meisten Doppel- und vielfachen Nebel im Sternbilde der Jungfrau und nahe herum vorkommen. Diese Gegend ist überhaupt stellenweis mit Nebelflecken gleichsam übersäet, und die Vertheilung am Himmel im Ganzen höchst ungleich. Von 2306 Nebeln, die der neueste Herschel'sche Catalog aufführt, fallen in die verschiedenen Stunden der Rectascension folgende:

1^h.	89.	10^h.	110.
2.	109.	11.	153.
3.	89.	12.	271.
4.	24.	13.	441.
5.	36.	14.	214.
6.	32.	15.	153.
7.	56.	16.	42.
8.	55.	17.	32.
9.	72.	18.	18.

19^h.	34.	22^h.	45.
20.	37.	23.	60.
21.	36.	24.	98.

Es ergeben sich hier ganz deutlich 2 Maxima, die mit den Polen der Milchstrasse nahe zusammenfallen, während die Minima in der Milchstrasse selbst oder nahe herum liegen. Das eine dieser Maxima ist aber 4mal stärker als das andre, und könnten wir die Vergleichung in Declination mit einiger Vollständigkeit durchführen, so würde das Uebergewicht der oben erwähnten Gegend noch stärker hervortreten. Allein dazu wäre erforderlich, dass man den ganzen Himmel gleich sorgfältig durchforscht hätte, was natürlich nur durch ein Zusammenwirken der Astronomen des Nordens und Südens der Erde möglich ist.

Die Sternhaufen.

§. 247.

Sie lassen sich von den Nebelflecken nicht bestimmt trennen, und in den obigen Uebersichten sind die Sternhaufen schon mitgezählt. Die Gradationen der Auflösbarkeit in Sterne sind zu mannichfaltig, und möglicherweise sind sogar alle Nebelflecke Sternhaufen. Auf der anderen Seite sind in mehreren der von *J. Herschel* aufgeführten Sternhaufen die Sterne so zerstreut und so wenig zahlreich, dass man sie kaum mit diesem Namen belegen kann. Hier sollen nur einige der merkwürdigsten aufgeführt werden.

(207). AR. 2^h 7′ 10″; Decl. + 56° 22′.

Bekannter glänzender Sternhaufen im Schwertgriffe des Perseus, fast ½ Grad im Durchmesser haltend. Zwei der Sterne sind 7ter Grösse, und einer derselben steht im Umfang einer Ellipse von Sternen.

(212). 2^h 10′ 1″; + 56° 21′.

Nur 40′ vom vorigen entfernt und gleichfalls sehr glänzend. Sein Durchmesser 15 Minuten. Nach der Mitte zu zeigt sich mehr Verdichtung als bei dem vorhin angeführten; die Ränder zerfliessen allmählig. Den Mittelpunkt bildet ein schöner röthlicher Stern. Ist dieser die Centralsonne eines Fixsternsystems?

(310). 3^h 51′ 31″; + 52° 9′.

Sternhaufen in Gestalt eines elliptischen Ringsegmentes. Die Sterne nur schwach.

(350). $5^h\ 8'\ 22''$; $+\ 39^0\ 9'$.

Ein aus sehr schwachen Sternen zusammengesetzter Haufen, in dessen Mitte ein ins Orange spielender röthlicher Stern 7ter Grösse steht

(269). $5^h\ 41'\ 10''$; $+\ 32^0\ 30'$.

Gegen 500 Sterne von 10ter bis 12ter Grösse auf einem Felde von etwa 20 Min. Durchmesser. Von der Hauptmasse ziehen mehrere Ausläufer nach verschiedenen Seiten. Nach der Mitte zu bemerkt man keine besondere Verdichtung.

(375). $5^h\ 56'\ 59''$; $+\ 24^0\ 6'$.

Ein reicher Sternhaufen von unregelmässiger, nahe dreieckiger Gestalt, die Sterne sämmtlich sehr klein und das Ganze, besonders in der Mitte, fast nebelförmig.

(496). $8^h\ 5'\ 19''$; $-\ 5^0\ 17'$.

Prachtvoller Sternhaufen. Der ganze Grund mit unendlich kleinen und feinen Pünktchen besetzt; die deutlichern Sterne sind 9ter—12ter Grösse; 15′ im Durchmesser, aber ohne bestimmte Begrenzung, so dass einzelne Stellen des Randes weit auslaufen. Im dichteren Theile steht ein schöner Doppelstern. Die Zahl der hellern Sterne übersteigt 100.

(531). $8^h\ 42'$; $+\ 12^0\ 26'$.

Gegen 200 Sterne auf einem Raume von 12—15 Minuten Durchmesser. Die Sterne an Glanz sehr verschieden Gegen die Mitte hin nur wenig Verdichtung. Einige der Sterne sind 8ter bis 9ter Grösse.

Von hier bis zu 13^h kommen fast gar keine Sternhaufen im eigentlichen Sinne vor, und die überaus zahlreichen Nebel in dieser Region verrathen fast nie eine Auflösbarkeit. Mit Sternen ist überhaupt diese Gegend schwächer als andre besetzt.

(1558). $13^h\ 4'\ 34''$; $+\ 19^0\ 5'$.

Ein merkwürdiger Sternhaufen. Die Mitte ist zu einer fast gleichförmigen Lichtmasse verdichtet. Die Zahl der kleinen Sterne ist unzählbar, die grössern sind 10—11ter Grösse. Das Gros des Haufens, von unregelmässig rundlicher Form, hat etwa 5′ Durchmesser und kurze Ausläufer ziehen nach allen Seiten. Grössere und zerstreutere Sterne stehen sehr häufig in der Nähe herum.

(1569). $13^h\ 8'$; $+\ 18^0\ 34'$.

Nur 1^0 vom vorigen entfernt und viel schwächer, aber nicht minder reich an Sternen. Durchmesser 10′ und die Gestalt unregelmässig rund, nach der Mitte zu ganz allmählig verdichtet. Die Sternchen sind so eben noch unterscheidbar, und in einem nicht sehr kräftigen Fernrohr gewahrt man höchstens

einen schwachen Nebelfleck. Nur 4 oder 5 Sterne mögen die 11te bis 12te Grösse erreichen.

(1663). 13^h 34′ 12″; + 29° 14′.

Mehr als 1000 Sterne auf einem Raume von 2 bis 2½ Minuten Durchmesser. Das Innere ist gegen die Mitte hin so stark verdichtet, dass es nicht mehr möglich ist, die einzelnen glänzenden Punkte zu unterscheiden. Von dieser Centralmasse gehen gleichsam Radien nach verschiedenen Seiten, und verbreiten Arme weit über die oben angegebeue Grenze hinaus. Die einzelnen Sterne sind nur 10—12ter Grösse, das Ganze ist aber ein so stark glänzender Gegenstand, dass *John Herschel* ihn noch wahrnehmen konnte, als die Wolken dem blossen Auge die hellsten Sterne, z. B. den in der Nähe stehenden Arcturus, verdeckten, Eine leichte Bewölkung scheint sogar die Auflöslichkeit dieses Sternhaufens eher zu begünstigen, als zu hemmen.

(1746). 13^h 57′ 48″; + 29° 21′.

Ein reicher, schöner Sternhaufen von 7—8 Minuten Durchmesser, den *Herschel* schon im Sucher von 2½ Zoll Oeffnung wahrzunehmen im Stande war. Von der 10ten Grösse, bis zur neblichten Masse herab, kommen alle Sterngrössen vor. Ein eigentlicher Kern zeigt sieh nicht, doch eine allmählige Verdichtung gegen die Mitte hin. Das Ganze ist aber schon sehr stark verdichtet und die Abrundung nicht ganz regelmässig.

(1813). 14^h 20′ 40″; — 5° 12′.

Herschel konnte nur mit grosser Mühe in diesem kleinen, aber stark verdichteten Sternhaufen die einzelnen, sämmtlich sehr feinen Sterne unterscheiden. Der Durchmesser 80 Sekunden. In der Nähe ein Stern 7ter Grösse, nur 90″ entfernt.

(1916). 15^h 9′ 56″; + 2° 44′.

Dieser ungemein glänzende Sternhaufen liegt in einer an einzelnen Sternen armen Himmelsgegend. Der innere, dichtere Theil kann gegen die Mitte hin, der grossen Masse wegen, die wie ein Schneeball zusammenfliesst, nicht aufgelöst werden. Die äusseren Theile zeigen gegen 300 mehr zerstreute Sterne, von verschiedenen Grössen und ohne Regel gruppirt; das Ganze ist rundlich und hat gegen 12′ Durchmesser.

(1929). 15^h 29′ 9″; + 6° 33′.

John Herschel beobachtete ihn anfangs als Nebelfleck, und beschreibt ihn als schwach, 2′ im Durchmesser gross, sehr allmälig gegen die Mitte verdichtet und kreisförmig. Bei

unausgesetzt aufmerksamer Beobachtung und sehr schönem Himmel fand er ihn auflöslich, aber nur in die allerfeinsten Lichtpünktchen und blos durch die Kraft seines stärksten Teleskops. Der Sternhaufen kann also, als an der innern Grenze der Auflöslichkeit stehend, zur Prüfung von Fernröhren benutzt werden, so wie auch, um mit dem Anblick eines Objectes vertraut zu werden, das von *Herschel* als „resolvable, but no resolved“ bezeichnet.

Von hier ab, durch die Sternstunden 17 bis 21 hindurch, häufen sich die Sternhaufen fast in demselben Maasse wie die eigentlichen Nebelflecke seltner werden. Verglichen mit der relativen Leere, ja dem gänzlichen Mangel an Sternhaufen in dem Raume von 8^h bis 13^h, scheint es, dass bestimmte Gesetze der Vertheilung vorwalten, oder auch, dass wir, nach der Richtung 19^h hin, den Grenzen desjenigen Theils des Universums, das wir erblicken, näher stehen, als nach der entgegengesetzten Seite. Denn sind Nebelflecke und Sternhaufen wesentlich Eins, so werden, nach der Seite hin, wo wir den Grenzen des ganzen Haufens am nächsten stehen, die meisten auflöslichen, und nach der andern die meisten unauflöslichen stehen. Das Maximum für die Nebel fanden wir bei 13^h, also nicht dem der Sternhaufen entgegengesetzt, sondern nur um einen Quadranten von ihm entfernt, was darauf zu deuten scheint, dass das Ganze eine stark elliptische Form habe, und wir weit ausserhalb der Mitte in Beziehung auf beide Axen des Haufens stehen. Doch wird es, wie oben erwähnt, einer gleichmässigen Durchmusterung des Himmels bedürfen, um diese Frage zu entscheiden. Dann aber werden wir zu wichtigen Resultaten über die äussere Form, wie über die innere Constitution des Universums, d. h. des Theils der uns erreichbar ist, gelangen.

Bei der ungemein reichen Fülle des Stoffes muss hier eine um so strengere Auswahl getroffen werden.

(2015). $18^h\ 26'\ 4''$; — $20^0\ 1'$.

Schöner kugelförmiger, doch nicht sehr glänzender Sternhaufen. Er ist gegen die Mitte, oder eigentlich gegen einen etwas excentrischen, nach NO gelegenen Punkt stärker verdichtet, doch sind auch hier noch die einzelnen Sterne unterscheidbar. Die kleineren und schwächeren Sterne bilden die Centralmasse, die stärkeren sind überall darauf zerstreut.

(2031). $19^h\ 0'\ 17''$; $+ 4^0\ 25'$.

Länglicher Sternhaufen. Die stärkste Verdichtung nicht in der Mitte, sondern in NO, und die Sterne einzeln ziemlich gut unterscheidbar.

(2125). 21ʰ 24′ 40″; —1° 34′.

Herschel II. vergleicht diesen mit einem Haufen glänzenden Sandes. Der Bewölkung ungeachtet war er in einer Beobachtung sicht- und unauflösbar. In einer zweiten schätzte er die Zahl unterscheidbarer Sterne auf mehrere Tausend, von denen einzelne am Rande herum zerstreut lagen, die übrigen eine Masse bildeten, die gegen die Mitte hin zwar etwas verdichtet erschien, doch nicht mehr, als die kugliche Gestalt, unter Annahme einer real gleichmässigen Dichtigkeit erfordern würde.

(2128). 21ʰ 30′ 41″; — 23° 55′ 26″.

Schöner, stark verdichteter Sternhaufen, 6′ im Durchmesser. Er ist unregelmässig rund, in der Mitte zu einer compacten Masse verdichtet, und hat zwei Ausläufer. Der eine gegen N gerichtete trifft, rückwärts verlängert, das Centrum und besteht aus 3—4 Sternen 10ter Grösse und mehreren kleineren. Der zweite nach NO gerichtete kommt nicht vom Centrum, sondern von einem etwas nördlicher gelegenen Punkte der Hauptmasse und ist kürzer als der erste.

(357). 5ʰ 24′ 16″; + 21° 53′.

Ziemlich regelmässig elliptisch, die grosse Axe NO — SW und 4′, die kleine 3′. Die Verdichtung nahe der Mitte zu wenig merklich. Sein Ansehen zeigt, dass er auflösslich sei, obgleich man die Sterne einzeln nicht mehr wahrnehmen kann.

(1968). 16ʰ 35′ 37″; + 36° 47′.

Ueberaus reicher Sternhaufen von wenigstens 6000 Sternen, die fast bis zum Centrum hin einzeln unterscheidbar sind, mit haarförmigen Ausläufern nach allen Seiten, besonders nach SO. Der Grad der Verdichtung gegen die Mitte hin lässt auf eine kugelförmige Gestalt der ganzen Masse schliessen. Die einzelnen Sterne sind von der 10—12. und geringeren Grössen und das Ganze hat 7—8 Min. Durchmesser. Vielleicht der prachtvollste aller Sternhaufen des Himmels.

(415). 6ʰ 45′ 10″; + 18° 14′.

Ein spitzwinkliches Dreieck von Sternen. Der gegen O gerichtete nachfolgende Winkel ist der schärfste und seine Schenkel sind ziemlich bestimmt angedeutet; die gegenüberliegende westliche Seite ist dagegen sehr unbestimmt. In der Mitte des Dreiecks ist die Verdichtung etwas stärker. Die ganze Masse mag aus 300 Sternen 11—13. Grösse bestehen und 6′ im Durchmesser haben. Die beiden hellsten Sterne stehen am östlichen Winkel des Dreiecks.

§. 248.

Eine dritte, aber gleichfalls von den beiden vorigen nicht bestimmt zu trennende Form bilden die Nebelsterne. Das, was man den Kern eines Nebelflecks nennt, ist häufig so stark verdichtet und hebt sich von der übrigen Masse so entschieden hervor, dass man es eben so gut als einen Stern betrachten kann, der vom Nebel umgeben ist, wozu noch die für uns gar nicht unterscheidbaren Fälle kommen, wo die Verbindung zwischen Nebel und Stern nur eine optische ist, und der Stern entweder vor oder hinter dem Nebel in weiter Ferne steht. Die Häufigkeit dieses Falles, verglichen mit der Anzahl derer, die aus der Wahrscheinlichkeitsrechnung folgten, wenn alle Verbindungen optische wären, würde für sich allein den physischen Zusammenhang noch nicht darthun, denn *W. Herschel* machte auf die Möglichkeit aufmerksam, dass der Weltäther selbst, oder irgend etwas den Raum Erfüllendes, an einzelnen Stellen so verdichtet sein könne, dass das hindurchgehende Licht eines Sterns ihn sichtbar mache, ähnlich wie der Staub in einem Zimmer durch den Sonnenstrahl sichtbar wird. Zur Unterstützung dieser Hypothese führte er an, dass der Fall von Nebelsternen gerade im Orion so sehr häufig vorkomme, und zwar bei Sternen der allerverschiedensten Grösse.

Gleichwohl bleiben einzelne Erscheinungen übrig, die nicht wohl Erklärungen wie die vorhergehenden gestatten, wie es denn auch *W. Herschel* nicht in den Sinn kam, alle Erscheinungen dieser Art einer und derselben Ursache zuzuschreiben. Man findet z. B. Sterne mit kometenartigem Anhange, wo der Nebel in Dreiecks-, Fächer- oder Schweifgestalt von einem Sterne ausgeht, der den Scheitel des Winkels bildet, so dass man nur durch die Unbeweglichkeit während eines längeren Zeitraums überzeugt wird, keine Kometen gesehen zu haben. Dahin gehören folgende Sterne:

(399).	6^h	29′	53″	AR	+	8^0	53′	Decl.
(537).	8	46	53	-	+	54	25	-
(1362).	12	28	28	-	+	15	12	-
(1509).	12	52	2	-	+	3	25	-

Bei 399 ist der Stern schwach, der kometenartige Anhang aber ziemlich hell; bei 537 tritt derselbe Fall ein, nur ist der Nebelanhang breiter und kürzer und füllt fast einen Quadranten um den Stern herum; bei 1362 ist der Stern heller, der Nebel dagegen sehr schwach und fast elliptisch, auch in seiner Mitte etwas verdichtet, so dass man geneigt ist, hier die optische Verbindung als die wahrscheinlichere anzunehmen;

bei 1500 ist der Fall ähnlich, nur ist das ganze Gebilde kleiner.

Ferner kommen Fälle vor, wo zwei Sterne sich gegen einen zwischenliegenden Nebel ganz symmetrisch verhalten, z. B. zu beiden Enden eines Nebelstreifens stehen, was namentlich bei folgenden, bereits oben aufgeführten, stattfindet:

(2236).	23^h	13′	58″	AR.	+ 39°	56′	Decl.
(536).	8	45	50	-	— 2	25	-
(1499).	12	50	57	-	+ 35	47	-
(2205).	22	56	26	-	+ 11	24	-

Bei 2236 steht der schwächere Stern im Norden, der stärkere im Süden; ein Nebelstreif von $2^1/_2$′ Länge und 20′ Breite verbindet beide, ist jedoch nur schwer sichtbar. — Bei 536 reicht der Nebel nicht an beide Sterne, ist aber stark elliptisch (etwa 3 : 1) und die grosse Axe der Ellipse trifft, auf beiden Seiten um $^1/_3$ verlängert, die beiden Sterne. — In 1499 verbindet ein sehr schwacher Nebelstreif zwei Sterne 9ter und 11ter Grösse ganz symmetrisch. — Der Fall 2205 ist complicirter. Ein heller Stern steht am südlichen und ein schwächerer nahe am nördlichen Ende eines langen und schmalen Nebelstreifs, in dem man noch zwei schwache Sterne nahe der Mitte wahrnimmt.

§. 249.

Man sieht aus den angeführten Beispielen, wie gross die Mannigfaltigkeit in diesen Bildungen ist; und gleichwohl kennen wir noch so äusserst wenig von dem, was der Himmel hierher Gehöriges enthalten mag, denn die beiden *Herschel* stehen bis jetzt fast isolirt als Beobachter der Nebelflecke unter den Astronomen da, und namentlich sind die Zeichnungen, welche wir von ihnen besitzen, nach *Herschel's* II. eigenem Urtheile noch sehr unvollkommen. Es ist aber auch freilich nur sehr wenigen vergönnt, die Wissenschaft auf diesem Felde zu bereichern. Ein Fernrohr von 5 Fuss Brennweite und etwa 5 Zoll Oeffnung zeigt nur etwa 200 Nebel, und von diesen nur 10 — 12 mit hinreichender Deutlichkeit, um etwas Detail in ihnen zu unterscheiden.*) Hier hauptsächlich wird die Vergrösserung der achromatischen Objective und der Teleskopspiegel unsere Kenntniss weiter

*) Indess muss bemerkt werden, dass *d'Arrest* mit einem Fernrohr von ähnlicher Dimension gegen 800 Nebelflecke, unter ihnen auch einige neue gesehen und grösstentheils bestimmt hat, was allerdings nicht blos für die Güte des Fernrohrs, sondern auch für die Schärfe des Auges dieses Beobachters zeugt.

führen. Weniger kommt hierbei auf die lineäre Vergrösserung an: die Durchmesser der Sternhaufen und Nebelflecke, selbst der planetarischen, die in der Regel die kleinsten sind, zeigen sich meistens gross und füllen, in nicht wenigen Fällen, mehr als ein Feld des Fernrohrs bei 2—300maliger Vergrösserung, so dass man zur Anwendung der schwächsten Ocular-Vergrösserungen sich genöthigt sieht. Dagegen je lichtstärker ein Fernrohr ist, desto mehr Nebelflecke und desto deutlicher wird es diese zeigen.

Die grössten Nebelflecke des Himmels sind die beiden Capwolken (magellanische Wolken) in der Nähe des Südpols, die mehrere Grade im Durchmesser halten und dem blossen Auge sichtbar sind. Sie bestehen, wie die Darstellung auf der schönen Lubbock'schen Karte zeigt, aus einer grossen Anzahl (die grössere aus mehreren Hundert) einzelner Nebelflecke, die sich hier noch weit dichter, als im Sternbilde der Jungfrau, zusammendrängen und dadurch auch dem blossen Auge deutlich sichtbar werden. Man muss, um sie deutlich zu sehen, wenigstens bis zum südlichen Wendekreise vordringen. Ihre Oerter sind schon von *Lacaille* bestimmt; sie selbst aber sind neuerdings von *John Herschel* während seines Aufenthalts in Feldhuysen am Cap der guten Hoffnung, in den Jahren 1833 bis 1837, sorgfältig beobachtet und abgebildet worden.

Das Werk von *John Herschel* über seine Capbeobachtungen ist jetzt in den Händen der Astronomen. Es entspricht vollkommen den hohen Erwartungen, welche die früheren Berichte erregten, und vervollständigt auf die erfreulichste Weise unsere Kenntniss des südlichen Himmels in jeder Beziehung, so weit *Herschel's* Hülfsmittel dazu eingerichtet waren. In 4 Jahren (1834—39) hat er die Zahl der bekannten Nebelflecke um 1619 erweitert und wir haben jetzt 4032. Nicht wenige derselben sind in genauen und trefflich ausgeführten Zeichnungen wiedergegeben. Hierbei sind die beiden Magellanischen Wolken noch nicht mitgezählt. Diese hat er genau untersucht, ihre Einzelheiten gemessen und in Karten dargestellt; die kleine Wolke enthält bei ihm 244, die grössere 919 einzelne Nebelflecke, Sternhaufen und einfache Sterne. — Sein früher mit 3346 schliessendes Verzeichniss der Doppelsterne geht jetzt bis 5542. Da indess einige hundert derselben über 32″ Distanz haben, also nach *Struve's* Annahme nicht mehr in die speciellen Kataloge gehören, andrerseits aber gegen 600 auf der Nordhemisphäre, grösstentheils in Pulkowa, neu entdeckte hinzukom-

men, so ist die Zahl dieser Systeme jetzt gegen 6000. Von den neu entdeckten hat er 417 sorgfältig und meist mehrfach wiederholt gemessen, von sämmtlichen aber die Position und Distanz nebst den Grössen der Sterne übersichtlich angegeben.

Den bedeutendsten Gewinn auf diesem Felde dürfte aber die Wissenschaft von dem neuen Teleskop des Lord *Rosse* ziehen, einem Instrument, was an Lichtstärke alle übrigen der Vorzeit und Gegenwart, selbst das berühmte Herschel'sche, weit hinter sich zurücklässt. Es hat eine Brennweite von 53 Fuss und einen Metallspiegel von 6 Fuss Durchmesser. Funfzehn Jahre der beharrlichsten Bemühungen waren zu seiner Vollendung nöthig, am allerschwierigsten war der Guss des Spiegels. Seine Vorzüglichheit wird es am entschiedensten bei den Nebelflecken bewähren, denn nicht allein wird es neue Tausende ans Licht ziehen, die in keinem andern Rohre erblickt werden können, sondern es wird auch viele bisher unauflösliche Nebel in Sternpunkte zerlegen und uns Aufschlüsse geben über das, was jenseit unsrer Weltinsel im Universum vorgeht.

Wir lassen Einiges von *Rosse's* vorläufigen Notizen folgen:

Die 40 bis jetzt ausgewählten Nebelflecke sind Behufs der Beobachtung in 3 Klassen gebracht: gleichförmige Kreisflächen, runde Nebel mit einem oder mehreren deutlichen Kernen und endlich solche, die sich in irgend einer Längenrichtung hinziehen oder überhaupt erheblich vom Kreise abweichen. — Die erstern, zehn an der Zahl, liessen sich sämmtlich in einzelne Sterne auflösen, selbst mit der mässigen Vergrösserung von 200.

No. 854 (des Herschel'schen Katalogs von 1833) löste sich in elliptische Ringe auf, und zeigte seine einzelnen Sterne sogar während einer leichten Bewölkung, und No. 1929 während der Dämmerung. No. 1833 zeigte seine Sterne ziemlich grob zerstreut. — Wo sich eine kleine Verdichtung des Lichtglanzes nach der Mitte zu zeigte, ergab eine genaue Untersuchung, dass dies wenig oder gar nicht von einer grösseren Helligkeit der einzelnen Sterne, sondern von einem dichteren Zusammendrängen derselben herrührte. — Anders jedoch in der zweiten Klasse. Hier ergab sich, dass der hellere Stern, den frühere Beobachter häufig als einen einzelnen Centralstern notirten, sich in einen Haufen dichtgedrängter hellerer Sterne auflöste, die weiterhin von schwächeren und gröber zerstreuten umgeben waren. No. 1456 giebt hierzu ein besonders interessantes Beispiel. Es ist ein kreisförmiger Sternhaufen, mit aderartigen Verzweigungen nach aussen, in dessen Centrum eine beträchtliche Gruppe heller Sterne steht. In ähnlicher Weise sind No. 706, 748, 805 und die glänzenden Gebilde 1663, 1558,

1916. Die Pracht dieser schönen Gruppen, im grossen Teleskop gesehen, überbietet jede Beschreibung. Ausser den bereits von früheren Beobachtern gesehenen, hier aber so hell glänzenden Sternen, dass sie denen von erster oder zweiter Grösse, mit freiem Auge gesehen, gleichkommen, ist das ganze Feld des Teleskops mit unzähligen aber schwächeren Sternen angefüllt. Die innere Gruppe ist nicht immer central oder symmetrisch, noch gleichförmig nach innen zu verdichtet, sondern sie zeigt Knoten von grösserer Sternenfülle, die zuweilen ganz allein in schwächeren Werkzeugen wahrgenommen worden sind, und dann für kleine Nebelflecke, oder auch für einzelne Sterne galten. No. 1622, dessen Ansehen man früher mit dem des Planeten Saturn verglich, den jedoch *Herschel* richtiger als eine milchstrassenähnliche Bildung bezeichnete, findet sich ein Centralhaufen von verhältnissmässig helleren Sternen, die auch schon früher wahrgenommen worden sind, aber mit 560maliger Vergrösserung gewahrt man, dass die äussern und schwächeren Sterne, statt gleichmässig zerstreut zu sein, sich in einen Ring zusammengezogen haben; nur einzelne sind noch umher zerstreut. Wäre der mittlere Haufen nicht vorhanden, so hätten wir hier einen eigentlich ringförmigen Nebel. Nach des Beobachters Dr. *Robinson's* Ausdruck ist dieser Nebelfleck ein sehr getreues Abbild unsers eignen Sternhaufens mit der Milchstrasse. — Die dritte Klasse der in diesem Teleskope untersuchten Nebelflecke sind elliptisch oder sonst länglich ausgedehnt. Sie sind schwerer auflösbar, wohl wegen zu grosser optischer Verdichtung der innern Theile. No. 602 hat einen Kern, dessen Form dieselbe längliche ist, wie die des Ganzen; auch ist er auflösbar. Im Innern 3 knotenartige Verdichtungen, deren 2 von *Herschel* gesehen und abgebildet sind. 668 hat Aehnlichkeit mit dem vorigen, nur dass der innere Theil mehr Gleichförmigkeit zeigt. Die Sterne der meisten Nebelflecke sind verhältnissmässig sehr klein. Entweder bestehen sie nur aus wenigen Sternen oder diese sind sehr stark verdichtet. No. 1132, ein langer Streifen, ist in den mittleren Theilen auflösbar; nicht an den Enden. — 1148 erschien Dr. *Robinson* als ein unregelmässiger Sternenring, der eine hellere Gruppe umschliesst, aber ausserdem noch einen Anhang hat, in welchem ein heller Stern steht. — 1357 hat Aehnlichkeit mit dem vorigen. Der Streifen wie sein Anhängsel zeigen eine Fülle von Sternen; der Kern dagegen war nicht auflösbar, doch war die Nacht nicht klar genug, um starke Vergrösserungen anwenden zu können. — 2098 ist saturnförmig.

Noch von andrer Seite hat die Nebelfleckskunde, dieser im Verhältniss seines grossen Reichthums noch so wenig bear-

beitete Theil der Astronomie, Bereicherungen erhalten. So fand *Stoney* an der Stelle zweier Herschel'schen Nebelflecke (No. 84 und 86) deren acht, worunter zwei hellere; und den Andromeda-Nebel von einem schwächeren, aber auflöslichen Nebelfleck begleitet.

Bond in Cambridge fand in 887, 1041, 1149, 1909 des Herschel'schen Verzeichnisses dunkle Linien (also Oeffnungen?); in 264, 491, 406, 731, 854, 875, 1225 dunkle Curven (was mit den elliptischen Ringen im Rosse'schen Teleskop harmonirt); in 464, 1486, 2241 die Mitte dunkel.

Robinson hält dafür, dass es am Himmel keinen einzigen wirklichen Nebelfleck im physischen Sinne gebe, sondern dass sie alle auflöslich sind und aus einzelnen Sternen (kosmischen Individuen) bestehen, wenn sich gleich in jedem Fernrohr eine Menge Nebelflecke zeigen werden, die nicht dieses, sondern erst ein grösseres aufzulösen vermag. Bereits *Herschel* hielt dafür, dass im Allgemeinen jeder Nebelfleck ein Sternhaufen sei, wenn er gleich Ausnahmen zugestand und überhaupt seine Ansichten im Laufe der Zeit mannigfach modificirte.

Rosse's in Parsonstown (Ireland) aufgestellte Instrument ist gegenwärtig das grösste unter allen. Es hat 53 Fuss Länge und der Spiegel einen Durchmesser von 6 Fuss. Das ganze 70000 Pfund schwere Instrument zu richten und zu bewegen wird auch bei der grössten Kunst des Mechanikers immer schwierig bleiben. Weiter als bis zu 40 Zeitminuten (10 Grad) zu beiden Seiten des Meridians kann das Instrument nicht bewegt werden. Kometen wird man also nicht häufig darin sehen, die Planeten und insbesondere den Mond nur mit Einschränkungen beobachten, Phänomene (wie Sternbedeckungen, Finsternisse) nur ausnahmsweise sehen können. Nie wird es eine Mondkarte liefern, wohl aber interessante Wahrnehmungen über einzelne Landschaften des Mondes. Seine eigentliche Aufgabe ist der Fixsternhimmel und vor allem die Welt der Nebelflecke.

Zwölfter Abschnitt.

Die Doppelsterne.

§. 250.

Als man dahin gelangt war, das Auge für den Anblick des Himmelsgewölbes durch künstliche Bewaffnung zu schärfen, bemerkte man bald, dass an mehreren Stellen, wo das freie Auge nur einen einfachen Stern wahrgenommen hatte, zwei oder auch mehrere Sterne einander sehr nahe standen. Der Grund, weshalb man ohne Fernrohr nur einen einzelnen wahrgenommen, lag zwar oft in der zu geringen Lichtstärke des kleineren Sternes, hauptsächlich aber in der zu grossen Nähe, welche veranlasst, dass der Lichtglanz des einen Sterns sich mit dem des andern auf der Netzhaut des Auges vermischt und so die Vorstellung eines einfachen Sternes entsteht. Man nannte solche nur durch Fernröhre zu trennende Punkte Doppelsterne, oder, bei drei oder mehreren vielfache Sterne, eine Benennung, die sich hiernach blos auf die äussere Erscheinung bezieht und die Entscheidung, ob sie wirklich in einer näheren gegenseitigen Verbindung stehen, unberührt lässt. Denn wenn wir kein Mittel besitzen, die wirkliche Entfernung jedes einzelnen Sterns von unserer Erde zu ermitteln, so kann die obige Wahrnehmung allein noch nicht genügen, die Frage zu beantworten, ob diese Sterne wirklich nahe nebeneinander, oder nur für unsern Standpunkt in fast gleicher Richtung hintereinander stehen, ob sie demnach physisch oder blos optisch doppelt sind, in welchem letzteren Falle nichts hindert, dass ihre wahre gegenseitige Entfernung nicht eben so gross ist, oder grösser als die zweier andern Sterne, die wir an entgegengesetzten Punkten des Himmels erblicken.

§. 251.

Es ist vielleicht nicht ohne Interesse, die Grenze zu bestimmen, innerhalb deren es dem blossen Auge nicht mehr möglich ist, nahestehende Objekte des Himmels von einander zu trennen. Viel hängt dabei vom verhältnissmässigen Glanze der Sterne ab. Ist einer von beiden ausgezeichnet hell, so wird man den schwächeren schwerer erkennen, als wenn beide nahe von gleicher (am besten nicht über 3ter und nicht unter 5ter) Grösse sind. Die Jupitersmonde z. B. wären hell genug, um mit freiem Auge gesehen zu werden, wenn der stark glänzende Hauptplanet nicht neben ihnen stände; so aber, obgleich der dritte Mond eine scheinbare Entfernung von 6, und der 4te von 10 Minuten vom Jupiter erreichen kann, sind dennoch diese Begleiter den Alten völlig unbekannt geblieben. Noch jetzt gelingt es nur den aussergewöhnlich weitsichtigen Augen, und selbst diese wohl nur vermöge der anderweitig erlangten Kenntniss, zuweilen einen Jupitersmond zu unterscheiden. Dagegen ist der Stern 5ter Grösse, der neben ζ des grossen Bären (Mizar) steht und 11 Minuten in Bogen von ihm entfernt ist, von den Arabern gesehen und benannt worden, ehe esFerngläser gab, was in unseren Klimaten nicht so leicht gelingt*). Die beiden mit α Capricorni bezeichneten Sterne haben 6½ Minuten gegenseitige Entfernung, werden aber doch nur von guten Augen getrennt gesehen. Dagegen erkennt selbst das schärfste Auge in ε und 5 Lyrae, die 3′ 27″ auseinander stehen, nicht zwei getrennte, sondern höchstens einen ovalen Stern, und eben so wenig sieht man den Nebenstern von α Librae (3′ 51″ Distanz) mit freiem Auge gesondert. — Die Grösse von 5 Minuten ist der 55ste Theil der Entfernung des Castor von Pollux, und wer demnach Sterne bis zu dieser Grenze noch unterscheiden will, muss im Stande sein, in einer vom Castor zum Pollux gezogenen Reihe von 56 Punkten die einzelnen gesondert zu erblicken.

Für ein scharf begrenzendes F e r n r o h r würde also die

---

*) Obgleich ζ Ursae maj. in Mitteleuropa höher steht, als in den Aequatorgegenden Amerika's, so versichert dennoch *v. Humboldt*, dass es ihm dort möglich gewesen, den Nebenstern mit blossem Auge zu sehen, nicht aber in Europa. — In *Kaswini's* arabischer Beschreibung des (jetzt in Dresden befindlichen) Kufischen Himmelsglobus wird dieser Nebenstern Suha genannt und dabei erwähnt, dass n a c h i h m d i e M e n s c h e n i h r G e s i c h t p r ü f e n, d. h. ob sie im Stande sind, ihn zu sehen.

Grenze der Trennbarkeit zweier Sterne sich im umgekehrten Verhältnisse der angewandten Vergrösserung vermindern müssen. Bei einer 20maligen Vergrösserung würde man Sterne bis zu 15″ Distanz, z. B. 61 Cygni, noch trennen können, bei einer 75maligen schon den Doppelstern Castor, bei einer 100maligen ε und 5 Lyrae, die jeder für sich ein Doppelsystem bilden, getrennt erblicken, stets unter der Voraussetzung, dass die Begrenzung der Bilder noch vollkommen scharf sei. Die Erfahrung bestätigt diese Annahme. **Struve** konnte im Dorpater Refraktor mit 1000maliger Vergrösserung noch Sterne trennen, die nur 0″,3 auseinander stehen, es ist aber $\frac{5'}{1000}$ genau 0″,3. Mit 120maliger Vergrösserung erkenne ich ξ Ursae noch ziemlich gut getrennt (jetzige Distanz 2″,9), kaum noch σ Coronae (1″,4), der schon keinen Zwischenraum, sondern gleichsam zwei aneinander geklebte Sterne darstellt, dagegen ζ Bootis, ζ Herculis, η Coronae höchstens nur länglich. γ Virginis sah ich im Jahre 1834 in einem 4½ f. Achromaten mit 180 Vergrösserung ein einziges Mal wirklich doppelt, 1835 nur länglich, 1836 und 1837 konnte ich, obgleich der Positionswinkel mir im Allgemeinen bekannt war, doch nur einen gewöhnlichen runden Stern erblicken.

§. 252.

Indess hat man sich in neueren Zeiten durch die unerwartet grosse Anzahl äusserst nahe stehender Sternpaare veranlasst gefunden, die näheren Untersuchungen in weit engere Grenzen, als die §. 251 angegebenen, einzuschliessen. **Herschel** theilte die Doppelsterne ihrer Distanz nach in Klassen, deren erste die Sterne bis 4″, die zweite bis 8″, die dritte bis 16″ u. s. w. enthält, in welcher Progression fortschreitend also erst die 8te Klasse solche Sterne umfassen würde, die von scharfen unbewaffneten Augen noch unterschieden werden können. **Struve's** Cataloge enthalten im Allgemeinen nur die vier ersten Herschel'schen Klassen, also bis zu 32″ Distanz, woraus er aber 8 Abtheilungen macht. So gehört also der Begleiter von α Lyrae, der 43″ Abstand hat, nicht mehr in die so begrenzten Kategorien der Doppelsterne, obgleich der Abstand nur den 7ten Theil desjenigen beträgt, den das scharfe Auge noch unterscheidet. — Die acht Klassen **Struve's** sind folgende:

I. Kl.	bis zu	1″	Abstand.
II.	-	2	-
III.	-	4	-
IV.	-	8	-
V.	-	12	-
VI.	-	16	-
VII.	-	24	-
VIII.	-	32	-

§. 253.

Bis zum letzten Viertel des vorigen Jahrhunderts waren nur sehr wenige Sternpaare, die den obigen Klassen angehören, bekannt, aber noch kein einziges näher untersucht. Noch hatte man keine Ahnung von den ungemein wichtigen Aufschlüssen, welche wir durch sie erlangen würden, auch waren die Hülfsmittel jener Zeit nicht geeignet, mit einigem Erfolge in eine nähere Untersuchung des Gegenstandes eingehen zu können. So finden wir in den Catalogen *Flamsteed's*, *Cassini's*, *Bradley's* und *Tob. Mayer's* fast nur diejenigen Sterne als doppelt aufgeführt, die jedem aufmerksamen Himmelsbeobachter, mochte er auch zu ganz andern Zwecken seine Musterungen anstellen, in die Augen fallen mussten. Schliesst man diejenigen aus, welche weiter als 32″ von einander abstehen, so bleiben nur etwa 20 Sternenpaare übrig, die bereits in den angeführten älteren Verzeichnissen aufgeführt sind, und die jetzt sämmtlich in einem 2füssigen Plössl'schen dialytischen Fernrohr als doppelte wahrgenommen werden können. Die merkwürdigsten sind ζ Ursae (1700 am 7. Sept. von *Gottfried Kirch* gesehen), γ Arietis, γ Virginis (damals gegen 6″ abstehend), α Geminorum, ϑ Serpentis, *p* Ophiuchi, α Hydrae, ζ Cancri, 61 Cygni, *o* Capricorni, *b* Sagittarii (letzterer von *Bradley* aufgefunden). Einige derselben hatte man am Meridianinstrument zu bestimmen versucht, indem man den Durchgang jedes einzelnen Sterns beobachtete, was natürlich grosse Schwierigkeiten hat, und demnach nur als erste, roheste Näherung angesehen werden kann. *Bradley* bediente sich zuerst eines noch in neueren Zeiten theilweise angewandten Verfahrens, die Richtungswinkel der Begleiter zu bestimmen; er betrachtete gleichzeitig mit dem rechten Auge den Himmel durch's Fernrohr und mit dem linken unbewaffnet, und suchte nun zwei Sterne, welche mit letzterem gesehen, in derselben gegenseitigen Richtung standen, als der Doppelstern im Fernrohr, und die Richtung der ersteren konnte sodann

leicht und sicher durch Meridianbeobachtungen bestimmt werden. Wäre die Vergleichung selbst ebenso sicher gewesen, so würde diese Methode nichts zu wünschen übrig lassen; allein obgleich sie gegenwärtig mit Recht beseitigt ist, so kann sie dennoch als der erste gelungene Schritt zu einer genauern Kenntniss dieser Himmelskörper angesehen werden und wir würden ohne diese Bradley'schen Positionswinkel über die Bahnen einiger wichtigen Doppelsterne, namentlich Castor und γ Virginis, noch lange in Unwissenheit bleiben, während sie jetzt, ähnlich den Finsternissbeobachtungen der Chaldäer, Griechen und Araber, durch den langen Zeitraum, der sie von uns trennt, die Ungenauigkeit reichlich vergüten, die man dieser Methode zuzuschreiben genöthigt ist.

§. 254.

Nur wenige Jahre vor dem Beginn der grossen Arbeit *Herschel's* über die Doppelsterne trat *Christian Mayer*, ein Astronom in Mannheim, ganz unerwartet mit Beobachtungen von Fixsterntrabanten auf, die ihm, da man sich eine unrichtige Idee von der Sache machte, vielen Wiederspruch und selbst Verspottung zuzogen, aber nichts destoweniger begründet waren. Man bewies weitläuftig, was eines Beweises kaum bedurft hätte, dass ein mit erborgtem Lichte leuchtender und einen Fixstern umkreisender Planet nie von uns gesehen werden könne, und nahm stillschweigend oder ausdrücklich an, dass nur dunkle Weltkörper um Sonnen kreisen könnten. Erschien auch der Name Fixsterntrabant für jene Zeit etwas gewagt (er hat sich später glänzend gerechtfertigt), so hatten doch die Beobachtungen jedenfalls ihren unbestrittenen Werth. *Ch. Mayer* gab in seinem Werke (Vertheidigung neuer Beobachtungen von Fixsterntrabanten, Mannheim 1778) ein Verzeichniss der von ihm beobachteten 80 Sternenpaare, von denen 67 den oben angeführten Struveschen Klassen angehören, die übrigen 13 einen grösseren Abstand als 32″ haben. Die meisten sind von ihm neu entdeckt, und manche derselben gehören noch jetzt zu den schwierigen Objekten, welche nur kräftige Instrumente darzustellen vermögen, wie ϱ Herculis, 71 Herculis, ε Lyrae, 5 Lyrae, ζ Aquarii, ω Piscium, und einige andere. Er maass den Abstand in Rectascension und Declination, freilich nur an Meridianinstrumenten, wie man noch viel später häufig gethan hat, und wies, aus diesen und den Beobachtungen früherer Astronomen, Veränderungen nach, welche sich darin

gezeigt hatten. Allerdings blieb er den Beweis schuldig, dass jene Veränderungen nicht von eigenen Bewegungen der Sterne im Weltraume herrührten, wie denn bei seinen „Arcturstrabanten“, die er häufig beobachtete, wohl jetzt ziemlich feststeht, dass nur die eigene Bewegung Arcturs, keinesweges eine um ihn kreisende der vermeintlichen Trabanten, die Unterschiede veranlassten. Auch können seine fleissigen Beobachtungen jetzt keinen Werth mehr ansprechen, wo es sich um Berechnung von solchen Umlaufsbahnen handelt; allein es genügt für jene Zeit, die Idee angeregt zu haben. Eine schärfere Unterscheidung, einen überzeugenden Beweis konnte man damals noch nicht verlangen; die Hülfsmittel waren noch zu unvollkommen und die Fixsternkunde im Allgemeinen zu wenig bearbeitet, als dass man *Mayer* einen Vorwurf über manche Unklarheit in seinem Werke machen könnte. Der ganze, nun längst erledigte, Streit kann uns zur Warnung dienen, nicht nach vorgefassten Meinungen über Thatsachen der Erfahrung und Beobachtung abzusprechen, ein Verfahren, wie es in der Geschichte der Naturwissenschaften nur zu häufig angetroffen wird.

§. 255.

Dies war der Stand der Sache, als der unvergessliche *William Herschel* auftrat, mit seinen von ihm geschaffenen Riesenteleskopen in die Tiefen des Fixsternhimmels eindrang und gleichzeitig mit der Fackel seines Geistes ihr nächtliches Dunkel beleuchtete. Seine Arbeiten in diesem Zweige der Astronomie begann er 1776 mit einer Messung des bekannten Trapeziums ϑ Orionis. Bis zum J. 1783 folgten hierauf die Messungen von 450 Doppelsternen, ungerechnet mehrerer, deren Distanz 32″ übersteigt, eine Zahl, welche durch spätere Untersuchungen noch beträchtlich vermehrt wurde. Er zeigte, dass die unerwartet grosse Zahl dieser eigenthümlichen Bildungen, verbunden mit dem ungemein kleinen Winkel, unter dem wir sie erblicken (viele der von ihm entdeckten haben noch nicht e i n e Sekunde scheinbarer Distanz), nicht anzunehmen gestatte, dass diese Erscheinung überall nur eine in der zufälligen Stellung unseres Sonnensystems begründete sei, dass der Fall, wo zwei Sterne so genau in gerader Linie mit dem Sonnensysteme ständen, als hierzu erfordert wird, viel seltner sein müsse, dass daher die Mehrzahl der Doppelsterne nicht blos o p t i s c h, sondern real (p h y s i s c h) in näherer Beziehung zu einander ständen

und Systeme bildeten, in denen man im Laufe der Zeit Bewegungen wahrzunehmen hoffen dürfe, ähnlich denen, welche die Planeten und Monde zeigten. Deshalb sei eine geneue Beobachtung der Distanz und des Richtungswinkels der Doppelsterne von grösster Wichtigkeit, sowohl bei den physischen, um dadurch zu einer Kenntniss ihrer Bahnen und der gegenseitig wirkenden Kräfte zu gelangen, als auch bei den optischen, um die Differenzen ihrer jährlichen Parallaxen zu erforschen. — Indess blieb man bei dem Erstaunen stehen, welches seine grossartigen Entdeckungen und Ideen natürlich erregt hatten; er fand im langen Laufe seines Lebens keine Mitarbeiter, die auf diesem unermesslichen Felde doch so wünschenswerth gewesen wären, und als ihm nach Verlauf von einigen zwanzig Jahren (1802 — 1824), bei einer neuen Durchmusterung der Doppelsterne, die Freude ward, unbezweifelbare Veränderungen, und dadurch die Bestätigung seiner Ideen, zu finden, hatte er dies nur seinen eigenen Untersuchungen zu danken.

§. 256.

Indess waren unter der grossen Zahl beobachteter Sternenpaare doch nur wenige, in denen eine Veränderung angezeigt war, und diese selbst meistens sehr gering. Zur Bestimmung einer Bahn konnten diese Beobachtungen, selbst wenn andre in der Zwischenzeit angestellte, vorhanden gewesen wären, noch durchaus nicht genügen, und so Grosses auch von diesem einen Manne geleistet war: im Vergleich zu dem, was noch zu thun übrig blieb, um auch nur die Hauptfragen beantworten zu können, war es nur ein schwacher Anfang zu nennen.

Abermals erfolgte ein Stillstand von mehr als einem Decennium, ohne dass Etwas für die Kenntniss dieser Himmelskörper geschah, wenn man einige gelegentliche Beobachtungen an Meridiankreisen ausnimmt. *Herschel* hatte sein langes und ruhmvolles Leben geendet; aber er hatte das Glück, in seinem Sohne auch geistig fortzuleben und fortzuwirken. *John Herschel* hat der Welt bewiesen, dass er eines solchen Vaters vollkommen würdig sei. Im Besitz der schönen Instrumente desselben, widmete er sich eifrig diesen Untersuchungen, anfangs in England und Frankreich, wo er mit *James South* von 1819 bis 1833 eine beträchtliche Anzahl von Doppelsternen theils neu entdeckte theils genau und wiederholt bestimmte, später

(seit Anfang 1834) in Feldhausen am Cap der guten Hoffnung, wohin er einen Theil seiner Instrumente versetzt hatte, um auch den noch so wenig durchforschten südlichen Himmel in dieser Beziehung zu beobachten. Die bis jetzt bekannt gewordenen Resultate dieser wichtigen Untersuchung sind hinreichend, um zu zeigen, welchen Reichthum und welche Mannigfaltigkeit der südliche Himmel auch in dieser Beziehung darbietet.

Gleichzeitig hat *Dawes* in England, mit grossen, kraftvollen Werkzeugen versehen, mehrere, namentlich die schwierigeren Doppelsterne, der Richtung und Entfernung nach, gemessen, und seinem Beispiele sind *Miller*, *Fletcher*, *Smyth*, *Iacob*. *Powell* *Dembowski* und andre gefolgt.

Die bisher genannten grösseren Arbeiten gingen von Beobachtern aus, welche sich ausschliesslich denjenigen Aufgaben der sogenannten physischen Astronomie, bei denen es auf genaue Zeitbestimmung wenig oder gar nicht ankommt, gewidmet hatten, während die eigentlichen festen Sternwarten mit andern Untersuchungen, welche nicht ohne Meridianinstrumente ausgeführt werden können, vollauf beschäftigt, die Doppelsterne gar nicht oder doch nur gelegentlich beobachtet hatten. Auch diese Scheidewand ist jetzt, und gewiss zum grössten Vortheile der Wissenschaft, gefallen. Die Sternwarten von Dorpat und Königsberg sind die ersten, welche die Beobachtungen der zusammengesetzten Fixsterne nach einem regelmässigen Plane verfolgten; ihnen haben sich in den neuesten Zeiten Berlin, Leyden und Cincinnati angeschlossen. — *Bessel* in Königsberg wandte zuerst das Heliometer zu diesen Beobachtungen an. Das treffliche, in No. 189 der astronomischen Nachrichten beschriebene Instrument ward im October 1829 aufgestellt, und seit dieser Zeit, mit einem alle Erwartungen überbietenden Erfolge, auch zur Beobachtung der Doppelsterne angewandt, Das Princip des Heliometers, durch Verdoppelung der Bilder zu messen, giebt ihm für Differentialbeobachtungen einen entschiedenen Vorzug nicht nur vor Meridianinstrumenten und Kreismikrometern, sondern bei Distanzmessungen selbst vor dem Filarmikrometer, besonders was sehr schwache Sterne betrifft, da es keiner Beleuchtung der Fäden oder des Feldes bedarf, wie jenes. Insbesondere wählte *Bessel*, nach einer Verabredung mit *Struve*, 38 der hellern und merkwürdigern Doppelsterne aus, um durch häufig wiederholte und nahe gleichzeitige Beobachtungen der Distanz und Position die Kraft der beiderseitigen Hülfsmittel und die Uebereinstimmung ihrer Resultate vergleichend zu prüfen. — Doch auch früher

schon hatte *Bessel*, bei Gelegenheit seiner Zonenbeobachtungen, diesen Gegenstand sorgfältig beachtet, und wir verdanken ihm die Entdeckung einer nicht geringen Zahl bis dahin noch unbekannter Doppelsterne.

§. 257.

Aber das Höchste, was in diesem so neuen und so unermesslichen Felde bis jetzt geleistet worden, verdanken wir den glänzenden Talenten und der staunenswürdigen Thätigkeit eines Mannes, dem glücklicherweise auch äussere Mittel geboten waren, wie bisher keine Sternwarte sich deren rühmen konnte. *Struve* in Dorpat verfolgte, sobald er 1813 als Astronom an der Sternwarte Dorpat angestellt war, seine schon früh gefasste Idee, die Doppelsterne zu untersuchen. Ihm standen damals nur ein 8 f. Meridianinstrument und ein bewegliches 5 f. Fernrohr zu Gebote. War auch die Auffindung dieser Sterne bei ihrer Culmination leicht genug, und die optische Kraft des Meridianfernrohrs unerwartet gross, so konnten doch in diesem nur Rectascensionsdifferenzen, und in dem zweiten schwieriger anzuwendenden Instrumente (da es nicht parallaktisch montirt war) nur Richtungswinkel erhalten werden. Erst seit 1821, wo das bewegliche Fernrohr ein Fadenmikrometer erhielt, konnten vollständigere Bestimmungen versucht werden; allein die Hauptarbeit begann, als im Jahre 1824 der grosse Fraunhofer'sche Refraktor nach Dorpat kam. Jetzt ward nach einem umfassenden Plane gearbeitet, den sich *Struve* folgendergestalt entworfen hatte:

1) Katalogisirung der Doppelsterne.
2) Ortsbestimmung derselben am Meridiankreise.
3) Mikrometermessungen zur Bestimmung der gegenseitigen Entfernung und Richtung.
4) Beobachtungen über die Parallaxendifferenz der als optisch erkannten Doppelsterne.
5) Beobachtungen über den Glanz und die Farben der verschiedenen Sterne.

Das erste grössere Werk *Struve's* über diesen Gegenstand ist sein Katalog von 1820. Er enthielt ausser den Herschel'schen, Lalande'schen und andern bis dahin bekannten Doppelsternen auch mehrere von *Struve* selbst entdeckte, überhaupt 795 (von denen jedoch nur etwa 500 innerhalb

der obigen Grenzen zusammenstehen), ihrem genäherten Orte nach.

Das zweite erschien 1827, und enthält eine genaue, mit dem grossen Refraktor angestellte 2½jährige Durchmusterung des in Dorpat sichtbaren Himmels bis zum 15° südlicher Abweichung (etwa 120000 Sterne), wobei sich 3112 Doppelsterne der obigen Klassen, mithin die sechsfache Zahl der früher bekannten, vorfanden. Dieser zweite Katalog enthielt die genäherten Oerter und eine auf Schätzung beruhende Beschreibung und Klassification derselben, nebst mehreren vorläufig abgeleiteten allgemeinen und speciellen Folgerungen.

Das dritte umfassende Werk *Struve's*, das als die wahre Grundlage für alle gegenwärtigen und künftigen derartigen Forschungen betrachtet werden, ja, welchem auf dem Gebiete der physischen Astronomie kein einziges an die Seite gestellt werden kann, sowohl was den ungeheuren Umfang der Arbeit, als die innere Vollendung derselben betrifft, ist das im Jahre 1837 unter dem Titel: „Mensurae micrometricae stellarum duplicium etc." erschienene, welches die wiederholten Mikrometermessungen von 2710 Doppelsternen (mehrere des früheren Katalogs waren, hauptsächlich wegen zu grosser Schwäche des Begleiters, von der Messung ausgeschlossen, dagegen mehrere andere von grösserem Abstande als 32″ hinzugefügt worden), durchschnittlich jeden 4 mal bestimmt, enthält. Um den Umfang dieser Arbeit zu würdigen, genügt die Bemerkung, dass eine günstige Nacht, wenn man die bequem gelegenen Tagesstunden mitrechnet, im Durchschnitt die Messung von 25 Doppelsternen gestattet; 11050 Messungen, die in allem gemacht sind, erfordern also 442 heitere Nächte; da man sich aber gewöhnlich mit theilweise heiteren begnügen muss, so steigt die Zahl derer, die diesem Geschäft überhaupt gewidmet werden müssen, noch weit höher.

Ein viertes Werk, die genauen Ortsbestimmungen der Hauptsterne dieser Systeme enthaltend, ist 1851 erschienen. Diese Beobachtungen sind bis 1826 von *Struve*, seitdem von *Preuss* angestellt und nach des letztern Tode von *W. Döllen* und *T. Claussen* auf der Dorpater Sternwarte fortgesetzt worden. — Dieses Werk wird in Verbindung mit dem vorhin genannten der Nachwelt die Mittel darbieten, physische und optische Doppelsterne zu unterscheiden und — so weit dies überhaupt möglich ist — die Bahnen der erstern und die Parallaxe der letztern zu ermitteln, wozu jetzt nur erst ein schwacher Anfang gemacht werden kann, da jene Umlaufszeiten meistens nach Jahrtausenden berechnet werden

müssen, und die Parallaxen überall auf kleine Brüche von Bogensekunden beschränkt zu sein scheinen. Wirklich hat *Struve* bereits, wie im §. 226 erwähnt ist, den Versuch gemacht, die Parallaxe des Doppelsterns α Lyrae, den er für entschieden optisch betrachtet, zu ermitteln. Der grosse Gedanke *Galiläi's*, in einer Zeit, wo die Bewegung der Erde um die Sonne noch inquisitorische Verfolgungen verursachte, durch Beobachtung nahestehender Sterne und Ermittelung ihrer jährlichen Parallaxe diese Bewegung zu einer von jeder Theorie unabhängigen Evidenz zu bringen, hat also endlich in unsern Tagen sich verwirklicht.

Gegenwärtig, wo eine nicht unbedeutende Anzahl von Sternwarten mit Hülfsmitteln versehen ist, wie sie dieser Gegenstand erfordert, steht zu erwarten, dass die Kräfte derselben vorzugsweise der Beobachtung doppelter und vielfacher Sterne gewidmet sein werden. Spiegelteleskope nach *Herschel's* Princip, achromatische Refraktoren, Heliometer und dialytische Fernröhre werden wetteifern, um einander an Genauigkeit der Resultate zu überbieten. Die Analysis wird die neuen Aufgaben, welche ihr durch diese Beobachtungen gestellt werden, siegreich lösen, die Fixsternkunde wird mehr und mehr in gleicher Art behandelt werden können, wie die unseres eignen Sonnensystems, und nach Jahrhunderten werden die Ephemeriden die gegenseitige Stellung der einzelnen Glieder jener grossen Systeme eben so bestimmt voraus verkündigen, wie jetzt die Planetenörter.

§. 258.

Nach dieser geschichtlichen Darstellung wollen wir zu einer näheren Betrachtung der gewonnenen Resultate übergehen und ihnen einige numerische Uebersichten vorausschicken.

Die Zahl der gemessenen Doppelsterne bei *Struve* beträgt, nach den verschiedenen Klassen und Ordnungen:

Kl.	mit hellern	mit schwächern Nebensternen
I.	62	29
II.	116	198
III.	133	402
IV.	130	452
V.	54	298
VI.	52	179
VII.	54	429 (VII. und VIII.)
VIII.	52	
	653	1987

Unter den erwähnten 2640 Sternenpaaren sind mit einbegriffen:

64 dreifache Sterne
3 vierfache „
1 fünffacher (nach neuern Forschungen 7facher).

Nimmt man dagegen für diese mehrfachen Sterne etwas weitere Grenzen als 32″ an, so erhält man bis zu 75″ Distanz hin überhaupt:

113 dreifache,
9 vierfache,
2 fünf- und mehrfache.

Unter den hellern Doppelsternen sind in Beziehung auf Farbe 596 Paare untersucht, und diese ergeben folgende Verhältnisse:

A. Sterne von gleicher Farbe:

Glänzend weiss	78	Paare
Weiss	217	„
Weissgelb	27	„
Gelblich	35	„
Gelb	11	„
Goldfarbig	2	„
Grün	5	„
	375	Paare.

B. Sterne von ähnlichen (verwandten) Farben:

Gelb und weiss	30	Paare
Weiss und Blau	53	„
Beide gelb, aber von verschiedenem Grade	13	„
Beide blau, von verschiedenem Grade	5	„
	101	Paare.

C. Sterne von ganz verschiedenen Farben:

Gelb und blau	52	Paare
Gelb und bläulich	52	„
Grün und blau	16	„
	120	Paare.

Am häufigsten ist der Begleiter, wenn er überhaupt eine Farbe hat, bläulich. Der bläuliche Begleiter findet sich:

bei weissen Hauptsternen	53	mal
bei gelblichen „	52	„
bei gelben „	52	„
bei grünen „	16	„

Zu den gelben sind auch hier die röthlichen gerechnet,

so wie zu den blauen die aschfarbenen und purpurfarbenen. Von letzterer Art finden sich 13 Begleiter.*)

§. 259.

Dies mag eine Vorstellung von dem Reichthum des Gegenstandes geben, den aufmerksame Beobachtung uns kennen gelehrt hat. Zunächst entsteht nun die Frage: sind diese Doppelsterne physisch oder optisch, und welche Mittel besitzen wir zur Entscheidung.

Man kann diese Frage in zwiefacher Beziehung betrachten.

α) Aus der Gesammtzahl der Sterne innerhalb gewisser Grössen untersucht man nach den Gesetzen der Wahrscheinlichkeitsrechnung, wie viel Sternpaare durchschnittlich in den verschiedenen Klassen am Himmel vorkommen würden, wenn sie sämmtlich optisch, d. h. nur durch ihre zufällige Stellung in Beziehung auf unsern Standpunkt, Doppelsterne wären. Die so gefundenen Zahlen, verglichen mit der Anzahl der wirklich vorhandenen, geben sodann den allgemeinen Maasstab der Wahrscheinlichkeit für die eine oder die andere Annahme.

β) Aus dem gegenseitigen Verhalten der beiden Sterne jedes einzelnen Paares, namentlich aber aus ihren Bewegungen, kann theils mit Gewissheit, theils mit grösserer oder geringerer Wahrscheinlichkeit für die eine oder die andere Annahme entschieden werden.

Wäre es möglich, die Fixsternparallaxen mit hinreichender Genauigkeit kennen zu lernen, so würde die einfachste Entscheidung der Frage gegeben sein: Doppelsterne mit gleichen Parallaxen wären physische, mit verschiedenen optische. Auf Anwendung dieses Mittels aber werden wir, wie es wenigstens jetzt den Anschein hat, wohl mit sehr wenigen Ausnahmen, für immer verzichten müssen.

Ad α) sei die Anzahl der Fixsterne bis zu einer gegebenen Grössengrenze hin n, so lassen sich aus ihnen $\frac{n \,.\, (n-1)}{2}$ Paare bilden, und in einem gegebenen Raume,

*) Die in Pulkowa 1840 und 1841 ausgeführte neue Durchmusterung des nördlichen Himmels hat uns mit 514 Doppelsternen bekannt gemacht, unter denen einige drei- und mehrfache, die zum Theil früher einfach oder nur als doppelt gesehen worden. Etwa $^1/_{10}$ derselben hat über 32″ Distanz; der bei weitem grösste Theil ist also als eine wirkliche und zwar höchst bedeutende Bereicherung der bisherigen Verzeichnisse zu betrachten.

der $\frac{1}{m}$ des gesammten Himmelsraums beträgt, werden also der Wahrscheinlichkeit nach $\frac{n \cdot (n-1)}{2m}$ optische Doppelsterne vorkommen. Der Radius enthält 206265 Sekunden des grössten Kreises, die Kreisfläche mithin $206265^2 \cdot \pi$ solcher Räume, die 1'' lang und breit sind, und die Kugeloberfläche $4 \times 206265^2 \cdot \pi$. Nimmt man nun die Doppelsterne bis zu β Sekunden scheinbarer Distanz, so ist der Raum, den ein mit diesem Abstande beschriebener Kreis am Himmel einnimmt, durch $\beta^2 \cdot \pi$ gegeben, er ist also $= \frac{\beta^2}{4 \times 206265^2}$ des Himmels. Diesen Werth für $\frac{1}{m}$ in den obigen Ausdruck gesetzt, so werden Doppelsterne innerhalb der bezeichneten Grenzen und Grösse am Himmel gefunden werden $\frac{n \cdot (n-1) \cdot \beta^2}{8 \times 206265^2}$.

Für die einzelnen Distanzklassen ergiebt dies folgende Werthe der Distanz, bei welchen die eingeklammerten Zahlen briggische Logarithmen der Divisoren vorstellen:

Von 0'' bis 1''	Distanz	$\frac{n \cdot (n-1)}{[11,5319402]}$
- bis 2''	-	$\frac{n \cdot (n-1)}{[10,9298802]}$
- bis 4''	-	$\frac{n \cdot (n-1)}{[10,3278202]}$
- bis 8''	-	$\frac{n \cdot (n-1)}{[9,7257602]}$
- bis 12''	-	$\frac{n \cdot (n-1)}{[9,3735777]}$
- bis 16''	-	$\frac{n \cdot (n-1)}{[9,1237002]}$
- bis 24''	-	$\frac{n \cdot (n-1)}{[8,77151777]}$
- bis 32''	-	$\frac{n \cdot (n-1)}{[8,5216402]}$

Es kommt also nur auf die Ermittelung von n an. Unsre Sternverzeichnisse sind noch nicht so weit durchgeführt, dass wir mit einiger Gewissheit die Zahl der Sterne bis zur 8ten oder noch geringern Grössen angeben könnten, indess kann nachgewiesen werden, dass bis zur 8ten Grösse gewiss nicht

100000 Sterne vorkommen. Setzt man also $n = 100000$, so findet sich, dass für den von *Struve* untersuchten Theil des Himmels, der Wahrscheinlichkeit nach, an optischen Doppelsternen vorkommen würden:

in Kl.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
Doppelsterne . . .	$^1/_{20}$	$^1/_7$	$^4/_7$	$2^1/_4$	$3^3/_4$	$5^1/_4$	15	21
und wirklich vorkommen	62	116	133	130	54	52	54	52
folglich sind unter ihnen	62	116	132	128	50	47	39	31

der Wahrscheinlichkeit nach, physische.

Diese Untersuchung betrifft die hellern Doppelsterne, und man kann also annehmen, dass in der 1. und 2. Klasse alle, und in den übrigen bei weiten die meisten zu den physischen gehören, da unter 653 Paaren sich nur 48 optische, hingegen 605 physische, der Wahrscheinlichkeit nach, vorfinden.

Für die schwächern Sterne ist es noch weniger möglich, zu einer Entscheidung zu gelangen; indess ist leicht einzusehen, dass die Zahl der optischen, wegen des bedeutend grösseren n, bei ihnen nicht so unerheblich ist, dass vielmehr in der VII. und VIII. Klasse die meisten blos optisch sein dürften. Für die ersten Klassen lässt sich hingegen darthun, dass die meisten, auch bei den schwächern Sternen, physisch doppelt sind. Da nämlich, wenn n constant ist, die wahrscheinliche Anzahl der optischen Doppelsterne bis zur Distanz β hin sich wie das Quadrat von β verhält, so würden die Verhältnisszahlen für die verschiedenen Klassen die folgenden sein:

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
Verhältnisszahlen	1	3	12	48	80	112	320	448

Bei den Messungen *Struve's* sind 333 Sterne der 7ten und 8ten Klasse blos der Schwäche des Hauptsterns wegen ausgeschlossen worden, ein Grund, der bei den 6 ersten Klassen nicht geltend gemacht worden ist. Werden diese wieder hinzugezählt, so erhalten wir in den obigen Klassen:

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
29	198	402	452	298	179	762;	

woraus man sieht, dass die letztern Zahlen ein durchaus verschiednes Verhältniss befolgen als die erstern. In Ermangelung bestimmter Daten für n wollen wir, um gewiss nicht zu viel physische herauszubringen, annehmen, dass in

den beiden letzten Klassen die optischen bereits das doppelte Uebergewicht haben, d. h. dass unter drei Doppelsternen zwei optische und nur ein physischer, folglich unter 762 wirklich vorhandenen 508 optische und 254 physische sind. Dann wird die Einheit für die obigen Verhältnisszahlen $= \frac{508}{320 + 448} = 0{,}66$, mithin der Wahrscheinlichkeit nach:

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII. VIII.
Optische Doppelsterne	1	2	8	32	53	74	508;
folglich physische	28	196	394	420	245	105	254;

folglich ist auch hier in den 6 ersten Klassen die Zahl der physischen überwiegend, nur in geringerem Maasse als bei den hellern Sternen.

Struve hat in seinem Katalog diese Untersuchung auch auf die Doppelsterne über 32″ Distanz, so wie auf die dreifachen Sterne, ausgedehnt. Beschränkt man sich bei jenen bis auf 7. Grösse als untere Grenze, so finden sich am Himmel, nach den Hardings'schen Karten:

						die Wahrscheinlichkeitsrechnung ergiebt:
Doppelsterne von	32″	bis	1′	Distanz	15	1½
	1′	-	2′	-	15	6½
	2′	-	5′	-	17	7¾
	5′	-	10′	-	38	27½
und bis zur 6. Gr. incl.	10′	-	15′	-	25;	21½;

so dass auch unter diesen Sternpaaren, bis zu 5′ Distanz hin, der physische Nexus häufiger und für das einzelne Paar also wahrscheinlicher ist als der blos optische, und dass nur bei den letztern, von mehr als 5′ Distanz (die auch schon scharfen blossen Augen als doppelt erscheinen), die grössere Wahrscheinlichkeit auf die entgegengesetzte Seite fällt.

Ueberhaupt aber zeigt der Fixsternhimmel an mehreren Stellen Anhäufungen sehr heller oder beträchtlich vieler Sterne, bei denen es ohne alle Rechnung einleuchtet, dass hier nicht blos der optische Zufall waltet.

§. 260.

Sind Sternpaare zu den physischen zu zählen, so werden sie auch eine gegenseitige Wirkung auf einander ausüben, welche die etwaigen Wirkungen dritter Körper weit über-

wiegt, sie werden also ein System bilden. In Folge dessen werden sie um einander, oder um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt Bahnen beschreiben, wodurch ihr gegenseitiger Richtungswinkel (Position) und in den meisten Fällen auch die Distanz geändert werden muss; sie werden ferner, wenn noch eine anderweitige Bewegung im Weltenraume stattfindet, diese letztere gemeinschaftlich vollführen, wie Erde und Mond die Bewegung um die Sonne. Beides wird, wenngleich oft erst nach vielen Jahren, durch Beobachtungen von der Erde aus erkannt und mithin die ad β) erwähnte specielle Entscheidung herbeigeführt werden können.

Unter den 500 Sternen, welche *Argelander* in Bezug auf eigene Bewegung untersucht hat, kommen 53 Struve'sche Doppelsterne vor; unter diesen konnten 41, da die eigene Bewegung ausser Zweifel gesetzt, und die Sterne bereits von *Herschel* beobachtet waren, in Bezug auf die Natur ihrer Duplicität untersucht werden. Das Resultat ist, dass in 40 von diesen Sternpaaren der Haupt- und Nebenstern die gleiche eigene Bewegung verfolgt haben und folglich für Systeme gehalten werden müssen, während nur einer (δ Equulei) sich als optischer Doppelstern gezeigt hat.

Ferner finden sich 27 Sternpaare von 32″—7′ Distanz, die sowohl in *Argelander's* Katalog, als bei *Struve* und *Herschel* vorkommen. Unter diesen ergiebt die Untersuchung 14 physische, 9 optische und 4 noch zweifelhafte Doppelsternpaare. Durch die fortgesetzten Untersuchungen haben sich bis jetzt 12 Sternenpaare als blos optische gezeigt. — Je weiter die Beobachtungen fortschreiten, desto mehr wird Gewissheit an die Stelle der blossen Wahrscheinlichkeit treten.

Den entscheidendsten, aber freilich auch schwierigsten Beweis muss nun die Bewegung im Systeme selbst darbieten, und auf diese sind dann auch vorzugsweise die Bemühungen der Beobachter gerichtet gewesen. Nur ist nicht zu erwarten, dass man hierin schon so weit gekommen sei, als bei den Bewegungen der übrigen Weltkörper. Vor *Herschel* finden sich nur wenige vereinzelte und noch dazu sehr unsichere Data; *Herschel's* des Vaters Bestimmungen, so sehr sie auch alle frühern an Planmässigkeit, Anzahl und Genauigkeit übertreffen, sind doch den neuern nicht gleichzusetzen, und diese letztern, allein unter sich verglichen, können wegen des kurzen Zeitraums nur in einer Minderzahl der Fälle eine Andeutung von einer solchen Bahnbewegung geben. In einigen Jahrhunderten wird die Astronomie an Kenntnissen dieser Art reich sein; gegenwärtig kann kaum der 6te Theil der Doppel-

sterne in die Klasse derer gesetzt werden, wo die Spur einer Bahnbewegung mit Sicherheit aus den Beobachtungen folgt. Aber selbst dies Wenige hat zu äusserst wichtigen Aufschlüssen geführt, wovon in den folgenden Abschnitten die Rede sein wird. Hier genüge die Bemerkung, dass unter 2640 Sternen bis zum Jahre 1836

bei 58 Paaren die Stellungsveränderung mit Gewissheit erkannt,
- 39 - überwiegend wahrscheinlich,
- 67 - angedeutet, aber noch sehr ungewiss, und
- 2487 - noch keine Spur derselben bemerkt worden war, während gegenwärtig etwa 500 aufgeführt werden können, bei denen die Bewegung entschieden gewiss oder doch überwiegend wahrscheinlich stattfindet.

Ein specieller Fall scheint indess noch eine besondere Beachtung zu verdienen. Ein Stern kann um einen anderen eine Bahn zu beschreiben scheinen und gleichwohl *optisch* sein, während ein andrer, der sich scheinbar in Ruhe befindet, eine solche Bahn wirklich beschreibt, und folglich *physisch* ist.

§. 261.

Untersuchen wir jetzt diesen Fall etwas genauer.

Ein *physisch* verbundener Begleiter muss, während er an der eignen Bewegung des Hauptsterns Theil nimmt, zugleich einen Kegelschnitt um denselben beschreiben. Beides kann sich schon in kurzer Zeit zeigen und (wie namentlich in dem Falle von 61 Cygni) schon nach 5 bis 10 Jahren ausser Zweifel gesetzt sein, bei andern dagegen können eben so viele Jahrhunderte vergehen, ohne dass selbst durch die sorgfältigsten und zahlreichsten Beobachtungen eine Entscheidung herbeigeführt werden kann: wenn nämlich beide Bewegungen, die kreisende des Begleiters und die eigne des Hauptsterns, unmerklich sind. Unter der grossen Zahl der Fixsterne finden sich etwa 4000, bei denen die eigne Bewegung *gewiss* ist, obwohl es keinem Zweifel unterliegt, dass diese Zahl sich fortwährend vergrössern müsse. Allein gewiss werden Jahrhunderte verfliessen, bis von der Mehrzahl der bis jetzt aufgefundenen Doppelsterne die eigne Bewegung aufgefunden ist, da sich unter ihnen gar manche befinden mögen, die in einem Jahrhundert noch

nicht um eine Bogensekunde fortrücken. Alsdann aber kann in einem sebr möglichen Falle die kreisende Bewegung des Begleiters der eignen des Hauptsterns (die folglich dem Begleiters auch zukommt) ganz oder nahezu entgegengesetzt und zugleich, lineär gemessen, ihr beiläufig gleich sein (wozu in unserm Planetensysteme bei den Jupiters- und Saturnstrabanten einige Beispiele vorkommen), und so wird man aus den Beobachtungen auf einen optischen Doppelstern schliessen, wo in der That ein physischer vorhanden ist.

Eben so nahe liegt der umgekehrte Fall: zwei hintereinander stehende Sterne haben jeder eine verschiedene eigne Bewegung, sie ist aber für beide so gering oder auch so wenig verschieden, dass ihre gegenseitige Stellung sich nach einem langen Zeitraum nur um eine Kleinigkeit geändert hat, und sie nach wie vor Doppelsterne einer gewissen Klasse sind. Die scheinbare Bewegung des Begleiters wird nun zwar, absolut genommen, in diesem Falle gradlinigt sein, da wir annehmen müssen, dass die wenigen Bogensekunden, um welche wir Fixsterne fortrücken sehen, uns als grade Linie erscheinen; nichts desto weniger aber wird auch so das Princip der gleichen Flächenräume sich scheinbar bestätigt finden, und man erst nach sehr langer Zeit sich überzeugen, dass die Bewegung der Nebensterne keine solche ist, die sich auf den Hauptstern bezieht. Mit entschiedener Gewissheit wird sich also der physische Doppelstern erst dann als solcher bewähren, wenn die Beobachtungen uns überzeugen, dass die Curve seiner Bewegung eine stärkere Abweichung von der graden Linie zeigt als die, welche die noch möglichen Beobachtungsfehler bewirken könnten, und wenn diese Curve zugleich gegen den Hauptstern hin concav ist; der optische hingegen, wenn die Bewegung des Begleiters als eine grade Linie erkannt, und zugleich so beträchtlich ist, dass man sie nicht mehr als Theil einer projicirten kreisenden Bahn betrachten kann. Mit andern Worten: ein optischer Doppelstern kann dies nur einen bestimmten Zeitraum hindurh bleiben (eine Zeit, die sich aber auf viele Jahrhunderte erstrecken kann), ein physischer dagegen wird zu allen Zeiten als Doppelstern erscheinen.

Es ergiebt sich hieraus, wie wichtig es ist, die Messungen nicht etwa blos nach Verlauf eines langen Zeitraums zu wiederholen, sondern auch in der Zwischenzeit möglichst zahlreiche Bestimmungen zu geben. Glücklicherweise wird diese unsere Unkenntniss für die Praxis der Beobachtungen ohne Nachtheil bleiben, und die Nachkommen deshalb nicht später zum Besitz bestimmter und genauer Resultate gelan-

gen; denn da die Beobachtungen, durch welche bei optischen Doppelsternen möglicherweise die Parallaxe erhalten werden kann, nicht verschieden sind von denen, wodurch man bei physischen die Bahn erhält, so kann der beobachtende Astronom nicht im Zweifel sein, was er zu thun habe. Beobachtet man — wie *Struve* und *Bessel* stets gethan haben — Positionswinkel und Distanz gleichzeitig, und nicht etwa getrennt an verschiedenen Tagen, so fällt auch jede Rücksicht auf die Wahl des Zeitpunktes weg, wo die etwaigen parallactischen Differenzen ihr Maximum erreichen. Stets wird nämlich die parallactische Veränderung der Distanz dem Sinus, die Position dem Cosinus eines gewissen Winkels, der für beide Coordinaten derselbe ist, proportional sein, mithin die Differenzen wechselweise für die Distanzen im Maximum stehen, wenn sie für den Positionswinkel gleich Null sind, und umgekehrt.

§. 262.

Man kann übrigens noch manche andere Wege der Betrachtung einschlagen, die sich sämmtlich in dem gleichen Resultat vereinigen. So finden sich z. B. unter den hellern Sternen mehr Doppelsterne als unter den schwächern. Unter 100 Sternen fand *Struve*:

bei 1. bis 3.	Grösse	18 Doppelsterne
bei 4. bis 5.	-	13 -
bei 6. bis 7.	-	8 -

während bei noch schwächern, bis zur 9. Grösse, die Anzahl nur auf 3—4 für jedes Hundert steigt. Bei blos optischen Doppelsternen wäre gar kein Grund dieses Unterschiedes aufzufinden, bei physischen erklärt er sich sehr leicht und natürlich.

Ferner ist der Unterschied des Glanzes bei den beiden ein Doppelsternpaar bildenden Sternen weit geringer als nach Verhältniss der Verschiedenheit der Sterngrössen im Allgemeinen erwartet werden müsste, und dieser Unterschied ist desto geringer, je kleiner der scheinbare Abstand der beiden Sterne gefunden wird. Bei Zugrundelegung der von *Struve* angegebenen Grössen der Haupt- und Nebensterne, so wie ihrer Distanzen, finde ich nämlich, wenn 3 verschiedene Abtheilungen gemacht werden, welche, nach den Hauptsternen geordnet, in der ersten die Sterne bis 5,9 Helligkeit, in der zweiten die bis 8,2, in der dritten die unter 8,2 enthalten, folgende Resultate ergeben:

Klasse	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	Summa.
a) Zahl der Sternenpaare.									
Abtheilung A.	13	16	39	36	16	24	26	12	182
B.	64	193	303	355	205	137	333	227	1817
C.	12	107	188	193	140	71	131	82	926
Summe.	89	316	530	586	361	232	490	321	2925
b) Mittlere Helligkeit des Hauptsterns.									
A.	$4^m,96$	4,92	4,60	4,611	4,331	4,596	4,804	4,500	$4^m,654$
B.	7,360	7,472	7,467	7,516	7,432	7,443	7,477	7,582	7,484
C.	8,530	8,568	8,628	8,667	8,691	8,573	8,618	8,584	8,602
Mittel.	7,170	7,711	7,514	7,721	7,783	7,495	7,638	7,723	7,641
c) Mittlere Helligkeit des Nebensterns.									
A.	$6^m,28$	6,54	7,04	7,585	7,656	8,025	8,592	9,158	$7^m,567$
B.	7,990	8,420	8,957	9,096	9,206	9,161	9,424	9,807	9,128
C.	8,860	9,421	9,403	9,597	9,726	9,720	9,678	9,711	9,552
Mittel.	7,860	8,618	8,820	9,164	9,339	9,215	9,451	9,758	9,145

Klasse	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	Summa.
d) Mittlere Unterschiede der Haupt- und Nebensterne.									
Abtheilung A.	1^m,32	1,53	2,44	2,874	3,325	3,429	3,788	4,658	2^m,913
B.	0,630	0,948	1,490	1,580	1,774	1,718	1,947	2,225	1,644
C.	0,330	0,853	0,775	0,930	1,035	1,147	1,060	1,127	0,950
Mittel.	0,690	0,907	1,306	1,443	1,556	1,720	1,813	2,035	1,504
e) Mittlerer Unterschied der hellern und schwächern Sterne bei optischen (zufälligen) Doppelsternen, nach der Wahrscheinlichkeitsrechnung bestimmt.									
A.	5^m,258	5,296	5,609	5,595	5,863	5,707	5,409	5,703	5^m,549
B.	2,942	2,841	2,845	2,797	2,876	2,867	2,837	2,736	2,825
C.	1,885	1,852	1,800	1,763	1,745	1,848	1,808	1,837	1,820
Mittel.	3,117	2,616	2,799	2,605	2,551	2,811	2,688	2,603	2,685
f) Abweichung des Resultats der Beobachtung von der Wahrscheinlichkeitsrechnung.									
A.	-3^m,938	−3,766	−3,169	−2,725	−2,528	−2,278	−1,621	−1,045	-2^m,636
B.	−2,612	−1,893	−1,355	−1,217	−1,102	−1,151	−0,890	−0,511	−1,181
C,	−1,555	−0,999	−1,025	−0,833	−0,710	−0,701	−0,748	−0,710	−0,870
Mittel.	−2,427	−1,707	−1,493	−1,162	−0,995	−1,091	−0,875	−0,568	−1,181

Die Zahlen der Tabelle e) sind nach den möglichst geringsten Annahmen über die Zahl der teleskopischen Sterne, und unter der Voraussetzung, dass die untere Grenze der Struve'schen Katalogisirung die 11te für den Nebenstern sei, ermittelt worden. Die Zahlen derselben sind demnach eher zu klein als zu gross, und der Unterschied in f) jedenfalls ein reeller, der darauf hindeutet, dass die Wahrscheinlichkeit der physischen Natur der Doppelsterne in allen Klassen im Allgemeinen überwiegend ist, und zugleich, dass bei den Doppelsternen von geringen Distanzen die Unterschiede der Helligkeit gleichfalls geringer sind, als bei denen von grösserem Abstande.

Wäre der geringere scheinbare Abstand ganz oder grösstentheils Folge der grösseren Entfernung von der Erde, so wäre die zuletzt erwähnte Verschiedenheit unerklärbar; es muss also angenommen werden, dass die Doppelsterne von geringern scheinbaren Distanzen der Mehrzahl nach einander auch wirklich näher stehen.

§. 263.

Zu eben demselben Schlusse ist *Struve* durch eine andere Betrachtung gelangt: er fand nämlich, dass nicht nur die meisten, sondern auch die raschesten Winkelbewegungen bei Sternen von geringen scheinbaren Distanzen vorkommen. Wären sie weiter als andre von uns entfernt, so sieht man leicht, dass das Gegentheil statthaben müsste. Die Eintheilung in Klassen nach der zunehmenden scheinbaren Distanz ist also keineswegs eine blos äusserliche, für die Praxis des Beobachters angeordnete, sondern sie hat eine wesentliche Beziehung auf die Natur der Doppelsterne selbst.

Hierher gehört auch die Bemerkung, dass in den drei- und mehrfachen Systemen gewöhnlich die entfernten Begleiter die schwächern sind, während die nähern sich oft wenig oder gar nicht vom Hauptstern unterscheiden. So findet es sich z. B. bei den bekannten dreifachen Sternen ζ Cancri und ξ Librae. In den uns bekannten Systemen der Sonne, des Jupiter und Saturn waltet das entgegengesetzte Princip, die entferntern Körper sind hier die bedeutendern. — Aber die Doppelsterne stehen auch in einem ganz andern gegenseitigen Verhältniss als die Planeten und Kometen eines Sonnensystems: es sind leuchtende Körper, die sich um andre leuchtende bewegen. Ueberhaupt dürfen wir nicht vergessen, dass aus der grösseren oder geringeren Helligkeit

nur dann ein verhältnissmässig eben so grosser Unterschied der Oberflächen gefolgert werden kann, wenn man die absolute Leuchtungsfähigkeit der beiden Sterne gleichsetzt, was besonders bei verschiedenen Farben sehr unwahrscheinlich ist. In Betreff dieser Farben sind hier noch einige Bemerkungen zu machen.

Mehrere haben die reelle Existenz einer Farbenverschiedenheit bei Fixsternen in Zweifel gezogen und sie auf Rechnung von Nebenumständen oder der subjectiven Auffassung gesetzt. Insbesondere hat man für die Fälle, wo der gelbe (oder rothe) Stern einen blauen oder grünen Begleiter hat, in den sogenannten Complementarfarben, wie *Göthe's* Farbenlehre sie darstellt, die Erklärung zu finden geglaubt. Es ist möglich, dass in einzelnen Fällen der Gegensatz scheinbar verstärkt wird, aber gewiss wird Niemand, der die Farben eines Doppelsterns wie γ Delphini oder α Herculis einmal recht ins Auge gefasst hat, der obigen Erklärung als einer allgemein genügenden beipflichten. Um sich völlig vom Gegentheile zu überzeugen, schlägt *Struve* vor, bei gefärbten Sternen von hinreichender Distanz den einen aus dem Felde des Fernrohrs zu bringen. Eine blosse Complementarfarbe des andern Sterns müsste in diesem Falle verschwinden, was jedoch keinesweges geschieht. — Auch sind die Verbindungen selbst, wie man aus der obigen Zusammenstellung sieht, viel zu verschiedenartig, um eine solche Annahme allgemein zu gestatten.

Man sieht aus dem Bisherigen, dass alle gegenwärtigen Beobachtungen und Untersuchungen nichts weiter sind und sein können, als die ersten Anfänge in einer gänzlich neuen Wissenschaft, die schüchternen Versuche auf einem noch unbetretenen Wege von unermesslicher Länge, der aber mit jedem gelungenen Schritte belohnender wird, und unserm forschenden Geiste fort und fort reichere, erhebendere Genüsse verspricht. Denn unmöglich ist es, dass die kommenden Zeiten mit den ihnen zu Gebote stehenden Hülfsmitteln nicht den grössten Fleiss und Eifer auf Erforschung dieses Gegenstandes verwenden sollten, der unsre bisherigen Bemühungen schon so überreich belohnt hat. Noch ist es zwar nicht möglich, den Gang der Forschungen für alle Folgezeiten vorzuzeichnen. Neue Gesichtspunkte werden sich eröffnen, neue Fragen aufgestellt, neue Hülfsmittel und Methoden der Beobachtung in Anwendung gesetzt werden müssen, von denen jetzt noch Niemand eine Ahnung haben kann; aber dies ist der Gang aller geistigen Thätigkeit des Menschen. Unsern

Vorfahren war das Innere des Fixsternhimmels ein verschlossenes Buch. Wir haben es eröffnet, und das Verständniss einzelner Zeichen und Buchstaben hat so eben für uns begonnen; unsre Nachkommen werden es einst lesen.*)

§. 264.

Eine der wichtigsten Fragen, welche die fortgesetzten Beobachtungen der physischen Doppelsterne beantworten müssen, betrifft das Gesetz der Schwere. Seine Allgemeinheit für das Sonnensystem steht ausser allem Zweifel fest; der bedeutungsvolle Umstand, dass gar kein einfacheres Gesetz gedacht werden kann, bei welchem Bahnen fortbestehen, macht es höchst wahrscheinlich, dass es auch für die Fixsternwelt gelte; allein die Wissenschaft, die sich mit keiner noch so grossen Wahrscheinlichkeit a priori begnügen kann, wo die Möglichkeit gegeben ist, einst Gewissheit zu erlangen, muss auch die Forderung stellen, dies Gesetz aus den Beobachtungen direkt zu beweisen. Die Bedingungen, die aus dem Newton'schen Gesetz abgeleitet werden können und durch die Beobachtungen bestätigt werden müssen, wenn das Gesetz seine Anwendung finden soll, sind nun folgende:

1) Die Bahn eines Gestirns muss ein Kegelschnitt sein, dessen Brennpunkt der Schwerpunkt der Bewegung ist.

2) Der Radius vector des umlaufenden Körpers muss in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume zurücklegen; woraus ferner folgt:

3) Das Quadrat des Radius vector, multiplicirt mit dem Differentialquotienten des Positionswinkels, muss ein constantes Produkt geben.

4) Eben so muss das Produkt der anziehenden Masse in den Cubus der Distanz des angezogenen Körpers, dividirt durch das Quadrat von dessen Umlaufszeit, eine Constante sein.

---

*) Seit dem Jahre 1840, wo ich die erste Auflage dieses Werkes bearbeitete und Obiges niederschrieb, sind neue wichtige Arbeiten über die Doppelsterne vollendet oder der Vollendung nahe. Sie bestätigen alle im Vorstehenden aufgeführten Resultate; nur dass die Zahlenwerthe, wie natürlich, manche Veränderung und resp. Vermehrung erfahren. Sie werden nach ihren allgemeinen Resultaten weiterhin angeführt werden, wenn gleich der beschränkte Raum hier eine strenge Auswahl gebietet. Wegen des Details und der nähern Nachweise verweise ich auf meine oben erwähnten „Untersuchungen über die Fixsternsysteme.“

Die letztere Bedingung kann aus den Beobachtungen nur dann geprüft werden, wenn zwei oder mehrere Begleiter sich um einen Hauptstern bewegen. Sie bleiben, wie *Encke* gezeigt hat, sämmtlich gültig, wenn man einen der beiden Sterne (am natürlichsten den helleren) als ruhend betrachtet, und die Bewegung des Begleiters, statt auf den gemeinschaftlichen Schwerpunkt, auf diesen bezieht. — In einer projicirt gesehenen Bahn bleibt die erste Bedingung mit der Ausnahme gültig, dass der ruhende Stern nicht mehr im Brennpunkte des verkürzt gesehenen Kegelschnittes liegt; die zweite und dritte dagegen erleiden keine Modification, der Neigungswinkel der Bahnebene gegen unsre Gesichtslinie sei welcher er wolle; denn die optisch verkürzten Flächenräume sind in allen Theilen der Ebene den wahren proportional.

Kann man bei Berechnung einer Bahn nicht mehr Beobachtungen benutzen, als Elemente zu bestimmen sind, so kann auch aus den Resultaten nichts für die Richtigkeit des angewandten Gesetzes direkt gefolgert werden. Denn aus beliebig gewählten sieben Angaben (z. B. 4 Positionswinkeln und 3 zugehörigen Distanzen) wird man in den meisten Fällen einen ihnen entsprechenden Kegelschnitt ableiten können, obgleich, wenn das Newton'sche Gesetz in diesem Systeme nicht gültig wäre, diese Oerter gar wohl einer anderen Curve angehören könnten.

§. 265.

Sind aber noch mehrere Beobachtungen vorhanden, auf welche die aus jenen gefundenen Elemente angewandt werden können, oder hat man auf irgend welche Weise mehr Beobachtungen, als die Theorie erfordert, zur Bahnbestimmung benutzt, so giebt die Uebereinstimmung der einzelnen Daten mit den aus den Elementen berechneten Oertern, innerhalb der Grenzen, welche als wahrscheinliche Beobachtungsfehler angesehen werden können, einen direkten Beweis für die Richtigkeit des angewandten Gesetzes ab. Allerdings aber werden diese Fehlergrenzen, in Beziehung auf die Kleinheit der beobachteten Grössen, in den meisten Fällen einen so grossen Spielraum einschliessen, dass auch bei einer in Absicht auf die Beobachtungen selbst genügenden Uebereinstimmung doch der Grad der erlangten Gewissheit bei weitem hinter demjenigen zurückbleibt, der in andern astronomischen Aufgaben erlangt werden kann und welcher wünschenswerth sein muss, wo es sich um Bestätigung eines Naturgesetzes handelt. Ueberhaupt aber werden für jetzt nur eine sehr beschränkte

Anzahl von Bahnen vollständig, und selbst diese nur als Näherungen, berechnet werden können.

Die zweite und dritte der obigen Bedingungen wird man auch an solchen Sternenpaaren prüfen können, wo die Stücke der Curve, welche beobachtet sind, noch nicht hinreichen, sich über ein System von Elementen für die Bahn zu entscheiden. Kann man für drei weder zu weit entlegene, noch auch zu nahe Epochen, die Positionswinkel und Distanzen aus den Beobachtungen ableiten, oder besser noch für zwei Epochen die Distanzen nebst den Positionen und ihren Differentialquotienten, so können auch diese beiden Bedingungen (die 2te Keplersche Regel) daran geprüft werden.

Im erstern Falle können wir annehmen, dass die Dreiecke zwischen den auf einander folgenden Oertern sich wie die elliptischen Sektoren verhalten, da die überschiessenden Segmente, wenn die Winkel am Hauptsterne nahe gleich und nicht zu gross sind, diesen Dreiecken nahe proportional und überdiess nur von geringem Belange sein werden. Seien sodann die beobachteten Winkel p, p', p'', die zugehörigen Zeiten t, t', t'' und die Distanzen r, r', r'', so hat man die beiden Dreiecke:

$$\frac{rr' \sin (p'-p)}{2} \quad \text{und} \quad \frac{r' r'' \sin (p''-p')}{2}$$

und es muss also, wenn man von den elliptischen Segmenten einstweilen absieht, die Proportion stattfinden:

$$r \sin (p'-p) : r'' \sin (p''-p') = (t'-t) : (t''-t').$$

Am besten scheint es, wenn die beiden Winkel nicht weit von 30° entfernt sind. — Die Erfüllung dieser Bedingung in einer überwiegenden Mehrzahl der untersuchten Systeme würde die obige Frage bejahen; einzelne übriggebliebene Abweichungen würden aber nicht nothwendig auf Ausnahmen vom Gesetze der Schwere führen, sondern müssten einer fortgesetzten Untersuchung unterworfen werden, denn theils zufällige Beobachtungsfehler, theils die Vernachlässigung der noch unbekannten Segmente können Ursache sein, dass die Bedingung nicht erfüllt wird.

Sicherer noch scheint die zweite Methode, denn bei der Beschaffenheit des gegenwärtig vorhandenen und auch in der nächsten Zukunft zu erwartenden Materials dürfte es leichter sein, für zwei Epochen die Positionswinkel mit

ihren Differentialen, als für d r e i derselben, die Winkel allein mit gehöriger Sicherheit abzuleiten. Sind demnach für zwei Epochen die Grössen p, $\frac{dp}{dt}$ und r bekannt, so muss die Gleichung

$$\frac{dp}{dt}\, r^2 = \frac{dp'}{dt}\, r'^2$$

durch die Beobachtungen erfüllt werden.*) Zur noch grösseren Versicherung kann man auch noch den Ausdruck

$$\frac{rr' \sin\ (p' - p)}{t' - t}$$

berechnen, der jedenfalls $< \frac{dp}{dt} \cdot r^2$ sein muss, da er nur durch Hinzufügung des elliptischen Segments dem letzteren gleich werden könnte.

Die sicherste Prüfung wird erhalten werden, wenn man dahin gelangt ist, eine Bahn vollständig aus den Positionswinkeln allein abzuleiten, aus den so erhaltenen Elementen die relativen Distanzen zu berechnen und diese mit den (bis dahin unbenutzten) beobachteten Distanzen zu vergleichen. Sind diese innerhalb der wahrscheinlichen Fehlergrenzen den berechneten proportional, und haben zugleich die Positionswinkel einzeln der berechneten Bahn entsprochen, so muss angenommen werden, dass das gewählte Gesetz das richtige sei.

Unter den mehrfachen Systemen, durch welche man allein im Stande wäre, die v i e r t e der obigen Bedingungen zu prüfen, finden sich nur zwei dreifache, ζ Cancri und ξ Librae, in denen eine Umlaufsbewegung beider Begleiter um den Hauptstern mit Gewissheit erkannt ist. In beiden Systemen ist zu erwarten, dass man nach etwa 20—30 Jahren

---

*) Da man aus 2 oder 3 Beobachtungen dp nicht mit gehöriger Sicherheit finden dürfte, bei einer grösseren Anzahl aber des grösseren Zeitraumes wegen besorgen müsste, dass auch noch die höhern Differenzen von merklichem Einflusse seien, so wird es gut sein, durch ein System von Bedingungsgleichungen gleichzeitig $\frac{d^2p}{dt^2}$ und auch wohl noch $\frac{d^3p}{dt^3}$ abzuleiten, weniger um des unmittelbaren Gebrauchs willen, als um die ersten Differenzen desto sicherer zu erhalten.

die Elemente der Bewegung des näheren Begleiters mit ziemlicher Sicherheit werde ableiten können (für ζ Cancri kann die Umlaufszeit schon jetzt auf etwa 60 Jahre bestimmt werden). Allein die entferntern zeigen (wie nach den Keplerschen Gesetzen erwartet werden muss) viel langsamere Bewegungen, denn von *Herschel* bis *Struve* hat sich der zweite Begleiter bei ζ Cancri nur 32°, bei ξ Librae nur 14° fortbewegt; entsprechen diese Winkel einigermaassen ihrer mittleren Bewegung, so erhält man Umlaufszeiten von circa 660 und 1400 Jahren, und es ist daher im gegenwärtigen und dem folgenden Jahrhundert keine Aussicht, auf diesem Wege zu einer Bestätigung des Gesetzes zu gelangen, was wahrscheinlich viel früher durch die oben angegebenen Verfahrungsarten gelingen wird.

Ueberdies werden die vielfachen Systeme (deren sich gewiss noch weit mehrere am Himmel finden werden, wenn man einst zu einer besseren Kenntniss der Bewegungen gelangt ist, so dass nicht die momentane scheinbare Distanz, sondern der physische Nexus selbst das Kriterium für die Benennung Doppel- und mehrfacher Sterne geben wird), vorausgesetzt, dass das Gesetz der Schwere sich allgemein bestätigt, auch von einer ganz anderen Seite her für die Theorie der Bewegungen wichtig werden. In unserm Sonnensystem sind überall, wo mehrere Körper um einen mittleren kreisen, diese Centralmassen so sehr überwiegend, dass man im Stande ist, für jeden sekundären Körper die elliptischen Elemente einfach so abzuleiten, als wäre er selbst und der centrale allein vorhanden, und die Wirkung der übrigen als Correktionsgrössen (Störungen) zu behandeln. Denn gehören diese mitwirkenden Körper zu demselben Systeme, so sind sie gegen die Centralmassen gehalten sehr klein; liegen sie ausserhalb desselben, so ist ihre Entfernung jederzeit so beträchtlich, dass sie selbst bei bedeutender Masse doch nur eine sehr untergeordnete Wirkung ausüben. Aus diesem Grunde hat sich bis jetzt in unserm Sonnensystem noch gar keine Veranlassung dargeboten, die Auflösung des sogenannten Problems der drei Körper in ihrer höchsten Allgemeinheit zu versuchen, vielmehr erscheinen die Bearbeitungen desselben, welche wir besitzen, sämmtlich als blosse Perturbationstheorieen. — Treten hingegen Bedingungen ein, wie man sie bei den mehrfachen Sternen zu erwarten hat, wo die umkreisenden Massen von denen, die als centrale angenommen werden, nur wenig verschieden sind, so wird auch diese Form der Behandlung nicht mehr ausreichen, und das, was bisher als Störung angebracht werden konnte, ebenfalls zur Hauptgrösse werden. Selbst

die Beziehung auf den gemeinschaftlichen Schwerpunkt wird die Schwierigkeit zwar vermindern, aber nicht aufheben; abgesehen davon, dass die Beobachtungen selbst diesen Schwerpunkt nicht geben, und auch nicht eher direkt darauf bezogen werden können, bis die Verhältnisse der Massen bekannt sind, wenn wir wiederum nichts als eben diese Beobachtungen haben. Man sieht leicht, dass auch der rein theoretischen Astronomie von dieser Seite her noch höchst wichtige Erweiterungen bevorstehen, ganz abgesehen von den Aufschlüssen, welche für die Physik des Himmels aus der Beobachtung der Doppelsterne zu erwarten sind.

§. 266.

Wenn es gelungen ist, die wahre und dem Attraktionsgesetze entsprechende Bahn eines Begleiters zu finden, so kann man aus der Umlaufszeit und der (in Bogensekunden angegebenen) halben grossen Axe ein Produkt finden, in welchem die Parallaxe und die Cubikwurzel der Masse die Faktoren bilden. Denn es sei t diese Umlaufszeit (Einheit das siderische Jahr), a die halbe grosse Axe in Sekunden, m die Masse (Einheit der Sonnenmasse), r die mittlere Entfernung der beiden Sterne von einander, in Erdabständen ausgedrückt, und π die Parallaxe, so ist nach den Keplerschen Gesetzen:

$$r^3 = m \cdot t^2.$$

Da nun aber, wie aus der Erklärung der Perallare hervorgeht,

$$r = \frac{a}{\pi}$$

so erhält man durch Substitution

$$\frac{a^3}{\pi^3} = m \cdot t^2$$

und hieraus

$$\pi \sqrt[2]{m} = \frac{a}{\sqrt[3]{t^2}}$$

Aus den näherungsweise berechneten Bahnen erhält man auf diese Weise:

	a	t	$\pi m^{1/3}$
für ξ Ursae majoris:	$a =$ 2,"295;	$t =$ 61,J30;	$\pi m^{1/3} =$ 0,"1476
α Geminorum	6, 300	632, 27	0, 0835
(3062 *Struve*)	0, 998	146, 83	0, 0346

für σ Coronae	$\alpha = 3,''813$;	$t = 420,^J24$;	$\pi m^{1/3} = 0,''0681$
η Coronae	1, 201	67, 32	0, 0726
ζ Cancri I.	0, 892	58, 27	0, 0594
ω Leonis	1, 307	227, 77	0, 0350
XV. 74 (*Piazzi*)	3, 080	458, 74	0, 0518
τ Ophiuchi	0, 818	87, 04	0, 0416
ξ Librae I.	1, 289	105, 52	0, 0577
1037 (*Struve*) I.	0, 182	15, 00	0, 0298
λ Ophiuchi	0, 847	95, 92	0, 0404
ζ Herculis	1, 254	36, 27	0, 1144
p Ophiuchi	4, 500	92, 01	0, 2014
γ Virginis	3, 863	169, 48	0, 1261

Nimmt man also $m = 1$, so sind diese Grössen die Parallaxen selbst; ist $m < 1$, so sind die Parallaxen grösser, im entgegengesetzten Falle kleiner. Um Parallaxen von 1 Sekunde herauszubringen, müssten die Massen bei allen angeführten Sternen beträchtlich verkleinert werden; bei ξ Ursae auf 0,003215; bei ω Leonis auf 0,000044 der Sonnenmasse. Obgleich also in dem obigen Ausdrucke die Unbekannten π und m nicht von einander befreit werden können, so wird doch, wenn man für eine grössere Anzahl von Doppelsternen diese Produkte gefunden hat, ein beiläufiger Schluss auf die durchschnittliche Grösse der Parallaxe bei den uns nähern Doppelsternpaaren gestattet sein, um so mehr, als m beträchtlich wachsen oder abnehmen muss, damit π nur um etwas abnehme oder wachse. Ein tausendmal grösseres m würde erst ein zehnmal kleineres π bedingen und umgekehrt, wogegen andrerseits die Unsicherheit der Masse immer noch sehr gross bleiben wird, selbst wenn π auf andrem Wege beiläufig gefunden wäre.

Nun sind aber die Doppelsterne wahrscheinlich in ihrer Mehrzahl der Masse nach grösser als unsre Sonne, wenn man nach der Analogie unsers Planetensystems, wo nur die grössern Planeten mondenbegleitet erscheinen, schliessen soll; obwohl im Einzelnen auch kleinere Massen bei Doppelsternen vorkommen können und z. B. bei 61 Cygni, α Centauri und dem Polarstern wirklich vorkommen.

Auch ist andrerseits nicht zu erwarten, dass uns die Zukunft bei andern Doppelsternen merklich grössere Werthe für $\pi\sqrt[3]{m}$ finden lassen werde. Denn da der Hauptgrund, weshalb wir noch so wenige Bahnen und selbst diese noch so unvollkommen kennen, eben in der geringen Flächen-

geschwindigkeit zu suchen ist, so werden die meisten der künftig zu erforschenden Bahnen geringere als die obigen Werthe angeben.

Merkwürdig ist es jedenfalls, dass die grössern der obigen Werthe, wenn man $m = 1$ setzt, mit denen, welche, wie oben erwähnt, *Bessel*, *Struve*, *Rümker* u. a. für einige Fixsterne ermittelt haben, so nahe zusammentreffen, und dass wir sonach hoffen dürfen, für diese kleinen, den Bemühungen der Astronomen spottenden Fixsternparallaxen Zahlen gefunden zu haben, die nicht mehr so durchaus hypothetisch erscheinen, wie die bisherigen Annahmen, und welche die Folgezeit zwar allerdings erheblich zu verbessern, aber wohl nicht abermals gänzlich zu verwerfen Veranlassung finden dürfte.

§. 267.

Die obige Bemerkung, dass wir auch bei bekannter Parallaxe des Doppelsterns doch nur die Summe zweier (oder mehrerer) Massen erhalten, könnte unerheblich scheinen, wenn man das Massenverhältniss zwischen Körpern auf einander-folgender Ordnungen, wie es in unsern Planeten- und Mondsystemen vorkommt, auf jene Systeme übertragen wollte. Da nämlich alsdann der Hauptstern seinen Nebenstern mindestens tausendmal übertreffen müsste, und die Grösse $\sqrt[3]{m}$ (und folglich um so mehr m selbst) aus dem Produkt $\pi\sqrt[3]{m}$ gewiss nicht mit einer auf $\frac{1}{1000}$ gehenden Genauigkeit jemals wird erhalten werden können, wegen der unvermeidlichen Unsicherheit von π und a, so liefe die Unterscheidung der grösseren Masse von der Summe beider Massen in der Praxis auf ein Nichts hinaus. Dies scheint indess nicht so unbedingt zugegeben werden zu können. Die oben angegebenen H e l l i g k e i t s-verhältnisse (§. 262.) können nämlich auch angewandt werden, uns eine allgemeine Vorstellung über das bei Doppelsternen vorkommende Massenverhältniss zu bilden. Nach *Struve's* Untersuchungen stehen nämlich die Sterne 7ter Grösse durchschnittlich in der Entfernung 11,34 von unserer Erde, wenn die mittlere Entfernung eines Sternes erster Grösse = 1 gesetzt wird, so weit nämlich die Helligkeit a l l e i n zum Kriterium gewählt wird. Daraus aber würde folgen, dass ein Stern 7ter Grösse, der mit einem Sterne der ersten in g l e i c h e m Abstande von der Erde sich befände, einen 11,34mal kleineren Durchmesser als der letztere hätte, wenn wir die

Leuchtungsfähigkeit der Oberflächen beider Sterne gleichsetzen und eine $(11,34)^3$mal kleinere Masse, wenn wir noch ausserdem die Hypothese einer gleichen Dichtigkeit für beide Sterne gelten lassen. Lässt man nun die scheinbaren Durchmesser der Sterne auf einander folgender um 1 verschiedener Grössen nach einer geometrischen Reihe abnehmen, und nimmt für die schwächern Sterne bis zur 10. Grösse denselben Exponenten des Verhältnisses an, so folgt, dass ein um 1^m hellerer Stern eine 3,367*n* ist, wenn die Masse des um *n* schwächeren Begleiters = 1 gesetzt wird. Unter diesen Voraussetzungen finden sich nach den vorstehend angegebenen Helligkeitsverhältnissen die folgenden mittleren Werthe für die

Masse des Hauptsterns, wenn die Masse des Begleiters = 1 gesetzt wird.

Cl.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	Mittel.
A.	4,616	6,409	19,349	32,772	56,666	64,294	99,419	285,917	34,361
B.	2,149	3,162	4,208	4,590	8,619	8,052	10,634	14,903	7,360
C.	1,493	2,830	2,563	3,093	3,514	4,026	3,622	3,929	3,169
Mittel	2,311	3,008	4,883	5,767	6,614	8,071	9,037	11,832	4,266

Also nur das Verhältniss von Erde und Mond gestattet noch eine Vergleichung mit den höhern Klassen der Binärsysteme von hellern Hauptsternen; in allen übrigen uns bekannten Systemen sind selbst die grössten der sekundären Massen im Verhältniss zu ihrem Centralkörper ungleich kleiner als die Begleiter der Doppelsterne, und nicht selten mögen bei diesen die Fälle sein, wo die Massen beider Sterne nahezu dieselben sind, da nach *Struve's* Beobachtungen, besonders in den ersten Klassen, sehr häufig Sternpaare vorkommen, in denen sowohl Glanz als Farbe völlig gleich erscheinen. Die Schwerpunkte der fünf Systeme, die zum Gebiet unsrer Sonne gehören, liegen sämmtlich innerhalb ihrer Hauptkörper, ein Fall, der sich wohl nur selten bei Doppelsternen zeigen mag.

Bei einigen wenigen zeigen sich indess stärkere Unterschiede des Lichtglanzes, und die oben angewandte Hypothese führt bei ihnen auf Massenverhältnisse, die von den oben angegebenen mittlern sehr verschieden sind. Ich habe aus jeder der 8 Klassen diejenigen 3 ausgewählt, worin die stärksten Differenzen vorkommen, und finde (vorausgesetzt, dass sie sämmtlich physische Doppelsterne sind), wenn die Masse des Begleiters = 1 gesetzt wird:

Cl. I.	λ Ophiuchi	$4^m,0$	$6^m,1$	Masse d. Hauptst. =	12,8
	γ Coronae	4,0	7,0	- - -	38,1
	ζ Herculis	3,0	6,5	- - -	70,1
Cl. II.	1380 Anonyma	7,6	10,7	- - -	43,1
	1400 Anonyma	7,3	10,5	- - -	48,7
	δ Cygni	3,0	7,9	- - -	383,6
Cl. III.	φ Virginis	5,2	9,7	- - -	236
	5 Cancri	6,2	10,7	- - -	236
	2 Camelopard.	4,7	9,0	- - -	185
Cl. IV.	52 Cygni	4,0	9,2	- - -	552
	φ Piscium	4,7	10,1	- - -	704
	υ Ursae major.	3,7	10,1	- - -	2370
Cl. V.	κ Pegasi	3,0	10,8	- - -	4350
	β Orionis	1,0	8,0	- - -	4912
	λ Geminorum	3,2	10,3	- - -	5546
Cl. VI.	ι Leporis	4,2	10,5	- - -	2099
	Anonyma	2,7	9,3	- - -	3022
	ζ Persei	4,7	11,3	- - -	3022
Cl. VII.	129 Pegasi	5,8	11,8	- - -	1458
	42 Herculis	4,0	10,7	- - -	3412
	α Ursae minor.	2,0	9,0	- - -	4912
Cl. VIII.	δ Equulei	4,1	10,2	- - -	1647
	β Serpentis	3,0	9,2	- - -	1859
	7 Camelopard.	4,2	11,3	- - -	5546

Wäre β Delphini (3,0; 11,0), dessen Distanz = 32″,477, ein physischer Doppelstern, so überträfe der Hauptstern seinen Begleiter 16540 mal, ja man würde Sterne von 100000 mal grössern Massen finden, wenn man selbst nur die nächst höhere Klasse (32″ bis 48″ Distanz) nach diesem Princip untersuchen wollte. Es würde indess vergebliche Arbeit sein, in dieser Betrachtung weiter zu gehen, bevor die physische Natur dieser Systeme, einzeln genommen, unzweifelhaft festgestellt ist. Das Vorstehende genügt vollkommen

das hier stattfindende Gesetz der Massenverhältnisse in seinen allgemeinsten Beziehungen darzustellen.

§. 268.

Zugleich mögen diese Betrachtungen dazu dienen, uns eine Idee von den Durchmessern dieser Körper, wie sie nach ihrer wahren Grösse und Entfernung erscheinen müssten, zu geben. Der Halbmesser der Sonne ist in mittlerer Entfernung — 16′ 0″,8; nimmt man die Dichtigkeit der Fixsterne gleich der Dichtigkeit der Sonne, so wird man, jene Durchmesser $= d$ gesetzt, für einen einfachen Stern die Gleichung erhalten:

$$d = 2\,\pi \sqrt[3]{m}\,.\,\sin 16'\,0'',8 = 0{,}003162\;\pi.\sqrt[3]{m}.$$

Dieser Werth ist aber noch etwas zu gross, wenn man ihn auf den Hauptstern allein beziehen will, da m die Summe der Massen des ganzen Systems ist. Man sieht, dass keiner der vorstehend angeführten Sterne einen grösseren Durchmesser als $^1/_{500}$ Sekunde haben kann, wenn die Annahme für die Dichtigkeit richtig ist. Setze man aber auch diese Dichtigkeit weit geringer, und z. B. auf den tausendsten Theil herab (etwa die Dichtigkeit unsrer Atmosphäre), so werden die Durchmesser doch höchstens auf $^1/_{50}$ Sekunde steigen; und es scheint demnach, als müsse die Hoffnung, Fixsterndurchmesser einer direkten Messung zu unterwerfen, gänzlich und für immer aufgegeben werden. Um sich Grössen von $\frac{1}{500}$ Sekunden einigermaassen zu versinnlichen, denke man sich eine Kugel von 12 Fuss Durchmesser auf der Oberfläche des Mondes, oder ein Sandkorn in 3 Meilen Entfernung. Mit einem Fernrohr, welches diese Dinge möglich machte, würde man auch einen Versuch wagen können, die Seleniten zu beobachten.

Mit dieser ungemeinen Kleinheit der Durchmesser harmonirt nun auch das plötzliche Verschwinden der Fixsterne bei Bedeckungen durch den Mond oder Planeten. Denn bei $\frac{1}{500}''$ Durchmesser braucht der Mond nur $\frac{1}{250}$ Zeitsekunde, die Planeten (höchst seltne Fälle ausgenommen) ebenfalls nur kleine Brüche von Sekunden, um den Stern zu bedecken, d. h. um von einem Rande desselben bis zum anderen zu rücken; ist nun die strahlenbrechende Atmosphäre des bedeckenden Körpers, entweder absolut oder wenigstens in Bezug auf die Entfernung desselben, unmerklich, so muss der Stern in einem Moment zu verschwinden scheinen, wie es auch fast immer wahrgenommen worden ist. — So ver-

eint sich das scheinbar Widersprechendste und Unauflölichste, wenn es gelungen ist, von irgend einer Seite wenigstens, eine sichere Annäherung zur Wahrheit zu erhalten.

Die Fortschritte unsrer Kenntniss der Fixsterne in physischer Beziehung werden demnach auf andern Grundlagen beruhen müssen, und nicht auf gleiche Weise wie bei den Körpern unsers Sonnensystems erlangt werden können. Bei ihrer grossen Menge, und wahrscheinlich nicht geringerer Mannichfaltigkeit der physischen Verhältnisse, wird es immer äusserst schwer sein, von den isolirten Wahrnehmungen über Farbe, veränderlichen Glanz u. dgl. genügende Erklärungen zu geben.

§. 269.

Die Bahnberechnung nach den Kepler'schen Gesetzen kann versucht werden, sobald der Begleiter ein hinreichend grosses Stück der scheinbaren Curve zurückgelegt hat, und ausser für Anfang und Ende dieses Bogenstücks noch für mindestens zwei Punkte in demselben die Position und Distanz beobachtet sind. Für vier Zeitpunkte t hat man also die entsprechenden 4 Positionen p und 4 Distanzen d. Wollte man aber kein bestimmtes Gesetz der Attraktion im Voraus zum Grunde legen, so würde eine weit grössere Anzahl von Positionen und zugehörigen Distanzen erforderlich sein, aus denen man zuerst unabhängig von der Zeit die scheinbare Form der Bahn (die alsdann nicht nothwendig ein Kegelschnitt wäre) bestimmen, und hieraus den Versuch machen müsste, die bei diesem Doppelstern stattfindenden Bewegungsgesetze abzuleiten. Letzteres ist noch nicht versucht worden, da noch beinahe kein einziger Doppelstern genügendes Material zu einem solchen Verfahren darbietet und es überdies allen Anschein hat, dass das Kepler'sche Gesetz sich auch für diese Systeme bewähren werde.

Für das erstere Verfahren hat *Savary* in der Conn. des Tems für 1822 eine Vorschrift angegeben und zugleich gezeigt, wie man aus dieser scheinbaren Ellipse die wahre, und folglich die Elemente der Bahn erhalten könne. Bei Doppelsternen besteht der Unterschied der scheinbaren und wahren Ellipse nur in der Projection, da unser Visionsradius unter allen möglichen Winkeln die Ebene der Bahn treffen kann, und nur wenn dieser Winkel $= 90^0$ ist, die scheinbare Bahn mit der wahren zusammenfallen wird. Bei einer elliptischen

oder kreisförmigen Bewegung ist die projicirte Bahn gleichfalls eine Ellipse, nur dass die Projection des Brennpunkts der wahren nicht in den Brennpunkt der scheinbaren fällt, und dass das Verhältniss der grossen zur kleinen Axe ein andres wird. Dagegen werden die in der scheinbaren Ellipse von den projicirten Radien-Vectoren abgeschnittenen Flächenräume dasselbe Verhältniss zu einander haben, wie in der wahren Bahn, folglich den Zeiten proportional sein, wenn diese letztern es sind. Diese Bedingung hat *Savary* bei seiner Auflösung benutzt und zugleich an dem Doppelstern ξ Ursae majoris ein Beispiel der Anwendung gegeben.

Dieselbe Aufgabe behandelte *Encke* nach gleichen Grundsätzen, aber auf einem anderen Wege (Berl. Astron. Jahrbuch für 1852). Die anzuwendenden Formeln sind bei *Encke* etwas bequemer für den Berechner als bei *Savary*, und die Versuche auf ein schärferes Princip zurückgeführt; auch ist die Anwendung derjenigen Relationen, welche, obgleich vollkommen analytisch begründet, doch in der praktischen Astronomie ungebräuchlich sind, vermieden. Man findet nach *Encke's* Methode durch eine Reihe von Versuchen die Form und Grösse der scheinbaren Bahn nebst der Umlaufszeit, und hieraus durch ein sehr einfaches Verfahren die wahre Ellipse, folglich die Elemente. *Encke* erläuterte seine Methode durch eine Anwendung auf den Doppelstern *p* Ophiuchi.

Endlich trat im J. 1834 *John Herschel* (On the Orbits of revolving double Stars. London) mit seiner graphischen Methode der Bahnbestimmung auf. Sein sinnreiches Verfahren hat allerdings in einzelnen Fällen zu einem genäherten Resultate geführt, und da auch die schärfste Rechnung gegenwärtig nicht weiter als bis zu einer ziemlich rohen Näherung führen kann, so ist ihr auch ein praktischer Werth keineswegs abzusprechen; und die grössere Leichtigkeit der Anwendung für solche, die sich nicht sehr grosse Uebung im astronomischen Rechnen erworben haben, kann überdies nicht geleugnet werden. Gleichwohl ist sie in mehrfacher Beziehung ungenügend, und das erlangte Resultat nie frei von Willkürlichkeiten, die der Calcul zu vermeiden im Stande ist. Bei consequenter Anwendung des letztern wird man jederzeit dasjenige System von Elementen erhalten können, welches nach den vorhandenen Beobachtungen wahrscheinlicher als jedes andere ist und die kleinst-möglichsten Fehler übrig lässt; man wird den Grad der Sicherheit eines jeden einzelnen Elements richtig zu beurtheilen im Stande sein und sich also von den Fortschritten der erlangten Kenntnisse stets genaue Rechenschaft geben können.

Dahin aber kann eine blos graphisch construirende Methode niemals führen. Selbst wenn es der Zufall fügte, dass man durch dieselbe das wahrscheinlichste Resultat erhielte, so würde man doch kein Mittel haben, den wahren Werth des erlangten Besitzes kennen zu lernen.

§. 270.

Die genaue und vollständige Theorie der erwähnten Berechnungsmethode muss an den angeführten Orten nachgesehen werden. Hier nur Folgendes zu einem allgemeinen Ueberblick der Encke'schen Methode.

Die 4 Oerter, deren Position und Distanz durch die Beobachtungen gegeben sind, bilden, durch grade Linien unter sich und mit dem Ort des ruhenden Sterns verbunden, ein System ebener Dreiecke. Bezeichnet man den ruhenden Stern mit 0, und die Orte mit 1, 2, 3, 4, so gehören die Dreiecke (012), (023), (034) den Flächenräumen an, welche (in der projicirten Bahn) in den 3 Zwischenzeiten zurückgelegt worden sind. Diese Dreiecke sind nun durch Hinzufügung von elliptischen Segmenten zu Sektoren zu ergänzen, und der Voraussetzung nach müssen diese Sektoren den Zwischenzeiten proportional sein, und zugleich die Segmente zwischen den 4 Oertern derselben Ellipse angehören. Die Gleichungen, welche diese Bedingungen ausdrücken, sind aber transcendent, müssen folglich durch Versuche aufgelöst werden, zu deren Erleichterung bequeme Tafeln von *Encke* berechnet sind.

Da nun 7 Elemente zu bestimmen sind, die 4 Oerter hingegen 8 Bestimmungen enthalten, so werden in den meisten Fällen diese Versuche nicht sowohl direkt zum Ziele, als zu der Ueberzeugung führen, dass (in Folge der Beobachtungsfehler) nicht sämmtliche 8 Angaben durch eine und dieselbe, den obigen Bedingungen entsprechende Ellipse dargestellt werden können. Man wird also entweder eins der Beobachtungsdata, oder eine der Zwischenzeiten ändern, und im ersten Falle die Rechnung fast ganz wiederholen müssen, und dies so lange fortsetzen, bis die Bedingungsgleichungen erfüllt sind.

Selten wird man in Ungewissheit sein, welches der 8 Daten man zu ändern habe, denn fast immer werden die spätern Beobachtungen einen höheren Grad von Genauigkeit besitzen, und eben so sind bis jetzt im Allgemeinen die Positionswinkel zuverlässiger, als die Distanzen. Man ändert also

die Distanz des ersten Ortes, und bleibt für alles Uebrige bei den ursprünglichen Werthen stehen.

Bei der Wahl derjenigen Werthe, mit denen man die Versuche beginnt, kann eine, wenngleich rohe, Zeichnung gute Dienste leisten; überhaupt wird eine solche jedenfalls anzurathen sein, um die geometrische Bedeutung der angewandten Grössen vor Augen zu haben und vor Verwechselungen, z. B. der analytischen Zeichen, mehr gesichert zu sein.

Sobald es gelungen ist, den Bedingungen der Aufgabe durch die Beobachtungen genug zu thun, ist das weitere Verfahren sehr leicht, da man nicht, wie bei den Planeten- und Kometenbahnen, eine Veränderung des Beobachtungsortes zu berücksichtigen hat. Man findet zuerst die scheinbare Ellipse, und aus dieser die wahre durch Anwendung der Bedingung, dass beider Mittelpunkte zusammenfallen und der Ort des ruhenden Sterns in der scheinbaren die Projektion des Brennpunktes der wahren sei — ein Problem der analytischen Geometrie.

Alsdann bleibt nur noch die Epoche des Durchgangs durch das Perihel zu bestimmen übrig, was aus jedem der 4 Oerter einzeln gefunden werden kann, und wo die Uebereinstimmung sämmtlicher 4 Werthe die letzte und sicherste Controle der Rechnung gewährt.

§. 271.

Die Elemente selbst sind dieselben, die bei den Planetenbahnen vorkommen, nur mit dem Unterschiede, dass die Umlaufszeit und die halbe grosse Axe hier zwei verschiedene und unabhängige Elemente bilden, und dass der Knoten und die Neigung, so wie sie aus den Beobachtungen gefunden werden, sich nicht auf die Ekliptik, sondern auf diejenige Ebene beziehen, welche die Himmelskugel in dem Punkte, den der Doppelstern einnimmt, tangirt. Auch liegt in der Bestimmung des Knotens eine (bei Doppelsternen unvermeidliche) Zweideutigkeit. Denn da die Beobachtung kein Mittel besitzt, zu erforschen, in welchem Theile der Bahn der Nebenstern uns näher, und in welchem er entfernter steht als der Hauptstern, so kann der gefundene Knoten sowohl der auf- als niedersteigende sein, und man findet also eigentlich zwei Ebenen, die in Bezug auf jene, das Himmelsgewölbe tangirende Normalebene die gleiche Knotenlinie haben, einander symmetrisch

entgegengesetzt sind, und in deren einer der Begleiter sich um seinen Hauptstern bewegt.

Die Berechnung der Oerter aus den Elementen, zur Vergleichung der Beobachtungen so wie zur Aufstellung einer Ephemeride, geschieht nach sehr einfachen und leichten Formeln. Sei nämlich:

a die halbe grosse Axe,
$\sin\varphi = e$ die Excentricität, in Theilen von a ausgedrückt,
Ω der Knoten,
i die Neigung,
λ der Abstand des Perihels vom Knoten, in der Bahn gezählt,
T die Durchgangszeit durch das Perihel,
m die mittlere jährliche Winkelbewegung, so dass $\frac{360^0}{m}$ die Umlaufszeit ist;

und man sucht für die Zeit t den Positionswinkel p und die scheinbare Distanz r, so hat man nach *Kepler's* Regel, wenn u die excentrische und v die wahre Anomalie bezeichnet:

$$u - e \sin u = m\,(t - T)$$

$$\operatorname{tg} \tfrac{1}{2} v = \operatorname{tg} \tfrac{1}{2} u \,.\, \sqrt{\frac{1+e}{1-e}}$$

$$\operatorname{tg}\,(p - \Omega) = \operatorname{tg}\,(v + \lambda)\,.\,\cos i$$

$$r = a\,(1 - e \cos u)\,\frac{\cos\,(v + \lambda)}{\cos\,(p - \Omega)}\,.$$

Die beiden ersten Gleichungen sind mit denen, die bei Planetenrechnungen etc. gebraucht werden, völlig identisch. Durch die dritte findet man den Positionswinkel, und durch diesen aus der 4ten die Distanz. Die Unterschiede dieser berechneten Positionswinkel und Distanzen von den beobachteten (falls mehrere vorhanden sind als die Bahnbestimmung absolut erfordert) gewährt sodann ein vorläufiges allgemeines Urtheil über den Grad der erreichten Näherung. Um ein solches mit grösserer Bestimmtheit, und für jedes einzelne Element besonders, fällen zu können, muss man die gefundenen Näherungswerthe benutzen, um nach der Methode der kleinsten Quadrate die wahrscheinlichsten Werthe und ihre resp. Gewichte, und dadurch endlich auch die mittlere Unsicherheit der einzelnen Elemente zu erhalten. Hierzu habe ich in Nr. 361. der astronomischen Nachrichten ein Verfahren ange-

geben und durch eine Anwendung auf den Doppelstern γ Virginis erläutert.

Den Positionswinkel zählt man gewöhnlich so, dass er = Null ist, wenn der Nebenstern genau nördlich vom Hauptstern, und 90°, wenn er östlich von demselben steht. Bewegt sich der Nebenstern so, dass die Zahlen für den Positionswinkel steigen, so heisst die Bewegung direkt (+), wenn sie aber abnehmen, retograd (—). Um genaue Vergleichungen zu machen, muss man den Positionswinkel auf ein festes Aequinoctium beziehen.

Beschreibung merkwürdiger Doppelsterne.

§. 272.

Aus der grossen Zahl bereits bekannter und untersuchter Doppelsterne hebe ich hier eine Anzahl solcher hervor, die entweder durch bequeme Sichtbarkeit oder durch irgend eine sonstige Eigenthümlichkeit für Liebhaber der Sternkunde besonders wichtig sind. Da ich in den Jahren 1840—1847 fast sämmtliche von *Struve* gemessene und in den Mensuris micrometricis aufgeführte Doppelsterne wiederholt gemessen und diese Messungen seitdem fortgesetzt habe, um dadurch eine Grundlage für die speciellere Kenntniss der Bewegungen in den Sternsystemen zu gewinnen und so zur Aufstellung wichtiger, das Ganze der Fixsternwelt betreffender Fragen einen Beitrag liefern zu können, so bin ich gegenwärtig im Stande, 500 Doppel- und mehrfache Sterne als solche bezeichnen zu können, bei denen eine innere Bewegung stattfindet (§. 200).

Die Ortsbestimmungen sind nur beiläufig angesetzt und gelten allgemein für das Aequinoctium von 1826. Sie sind zur Auffindung hinreichend und werden später, wenn erst die genauen Oerter sämmtlich ermittelt und zusammengestellt sind, mit schärfern und für eine spätere Epoche geltenden vertauscht werden können.

Die beigesetzte Zahl bezieht sich auf die Nummer des Struve'schen Katalogs von 1827. Ist noch ein *H* mit einer zweiten Zahlangabe beigefügt, so gilt dies für den nach Klassen geordneten Herschel'schen Katalog (in den Philosophical Transactions). Eben so ist der Flamsteed'sche Eigenname, wo ein solcher existirt, hinzugefügt.

§. 273.

I. Doppelsterne, welche noch keine Bewegung um einander mit Sicherheit verrathen.

Ihrer sind von *Struve* gegen 2150 gefunden und diese Zahl später noch erheblich vermehrt worden. Hier sollen nur einige besonders bemerkenswerthe aufgeführt werden.

180. *H.* III. 9. γ Arietis. $1^h\ 43',9$. $+\ 18^0\ 27'$.

Beide Sterne hell und weiss; 4,2 und 4,4 der Grösse nach, so dass es schwer hält, aus dem Augenblick zu entscheiden, welcher der hellere sei. Bei einem Abstande von 9 Sekunden haben sie von *Bradley* bis zu unsrer Zeit in etwa einem Jahrhundert noch keine Stellungsveränderung gezeigt. Sie stehen fast genau NS.

346. 52 Arietis. $2^h\ 55',3$. $+\ 24^0\ 32'$.

Dreifacher Stern, da der grössere von 4^m aus zweien sehr nahe stehenden zusammengesetzt ist. Der kleinere 10″ entfernte Begleiter ist sehr schwach, und keiner von beiden hat seit 1832 eine Stellungsveränderung gezeigt.

464. ζ Persei. $3^h\ 43',3$. $+\ 31^0\ 21'$.

Der Hauptstern $2,7^m$, der Begleiter $9,3^m$; ein sehr bedeutender und bei Doppelsternen nicht häufig vorkommender Unterschied. — Seit 22 Jahren keine Andeutung einer Aenderung. Position $205^0\ 40'$; Distanz 12″,225.

572. 4 Aurigae. $4^h\ 27',6$. $+\ 26^0\ 34'$.

Schöner Doppelstern aus zwei gleichen 7^m; Distanz 3″,795; Position $210^0\ 8'$. Seit 24 Jahren beobachtet.

590. 55 Eridani. $4^h\ 35',5$. $-\ 9^0\ 7'$.

Zwei Sterne von 6. und 7. Grösse; Distanz 9″,5. *Herschel* I. fand ihn 1783 in der Position $314^0\ 9'$; er scheint eine direkte Bewegung zu haben, was aber auf südlicher gelegenen Sternwarten zu entscheiden ist.

661. *k* Leporis. $5^h\ 5',2$. $-\ 13^0\ 9'$.

Ein ähnlicher Fall wie der vorhergehende. Abstand 3″,0; der Begleiter grade nördlich vom Hauptstern; *Struve* setzt ihn nur $1^0\ 20'$ westlicher. Seit 15 Jahren beobachtet.

1426. *H.* II. 43. Leonis 145. $10^h\ 11',4$. $+\ 7^0\ 19'$.

Dreifach. Der hellere Stern besteht nämlich selbst aus zweien nur 0″,55 von einander entfernten. Position 262^0; 5′. — Der andre Begleiter nur 10^m, und 7″,526 abstehend; in 63 Jahren hat er sich entweder gar nicht oder langsam vorwärts bewegt.

1964. *H.* IV. 61. 15^h 31',6. + 36° 48'.

Dreifach. Die Sterne 6 6 9. Der nähere Begleiter 1",410 und 8° 52'; der entferntere 15",160 und 85° 45'. Dieser schwächere Begleiter nähert sich vielleicht seinem Hauptstern.

2140. *H.* II. 2. α Herculis. 17^h 6',7. + 14° 36'.

Beide Sterne veränderlich, im Durchschnitt 3. und 6. Grösse. Die sehr stark ausgeprägten Farben der Sterne sind Roth und Blau. In 65 Jahren nichts von Veränderung wahrzunehmen. Abstand 4",421; Position 118° 46'.

2217. 17^h 38',7. + 14° 53'.

Sehr weiss, $7,4^m$ und $7,8^m$ seit 19 Jahren häufig beobachtet. Pos. 284° 55'; Abst. 6",090.

2316. *H.* I. 12. 59 Serpentis. 18^h 18',3. + 0° 5'.

Die Sterne $4^m,5$ und 7^m8; der hellere roth, der schwächere blau. *Struve* findet p. 52 seiner Mensurae micrometricae, dass die früher vermuthete merkliche Veränderung der gegenseitigen Stellung unwahrscheinlich sei, und jetzt, nach 15 Jahren, kann ich nur dieses Urtheil bestätigen.

2367. 18^h 34',6. + 30° 9'.

Diesen anfangs nur doppelt gesehenen Stern fand *Struve* im J. 1832 dreifach, und so erscheint er auch jetzt. Die beiden nahe stehenden Sterne $7^m,0$ und $7^m,5$; beide röthlich; Distanz nur 0",3; Position 70° 26'. Der entferntere $8^m,4$ und bläulich, in 14",778 und 194° 33'.

2675. *H.* III. 70. *k* Cephei. 20^h 14',7. + 77° 9'.

Der Hauptstern 4^m und grünlich, der Nebenstern 8^m und blau. Die anfangs vermuthete Stellungsveränderung (*Herschel* II. und *South* fanden vor 24 Jahren 5° mehr als *Herschel* I. vor 64) bestätigt sich nicht, da *Struve* 1832 und ich 1845 fast ganz genau wieder das Resultat *Herschel's* des Vaters erhalten. Distanz 7",439; Position 123° 32'.

2729. *H.* I. 44. 4 Aquarii. 20^h 42',1. — 6° 17'.

Die Sterne $5^m,9$ und $7^m,2$, beide gelb. Aber obgleich eine Veränderung der Stellung, und zwar eine nicht unbedeutende, wahrscheinlich ist, so kann in Dorpat darüber keine Gewissheit erlangt werden, da die Distanz nur 0",5 und die Höhe über dem Horizont hier zu gering ist. Position etwa 28°.

1223. *H.* II. 40. φ^2 Cancri. 8^h 16',3. + 27° 30'.

Zwei weisse Sterne 6^m und $6^m,5$. Die Beobachtungen umfassen 65 Jahre; die jetzige Distanz 5",006 und Position 214° 14 stimmt fast ganz genau mit *Herschel* I. überein.

1135. IV. 53. π Geminorum. 7^h 36',2. + 33° 49'.

Ein 5^m heller goldgelber Hauptstern mit einem sehr schwachen Nebenstern (11^m). *Herschel* I. führt ihn zwar als doppelt auf, giebt aber keine Messung, und die Vergleichung zwischen *Struve* und mir (16 Jahre) lässt noch nichts Sicheres über Veränderung erkennen. Distanz 21",980 und Position 212° 20'.

Bei den bisher aufgeführten würde der kleine Unterschied zwischen der frühesten und spätesten Messung, wenn er als reel angenommen werden könnte, auf eine direkte Bewegung führen. Bei den hier folgenden findet der entgegengesetzte Fall Statt.

13. Cephei 318. 0^h 6',3. + 76° 1'.

Die gelblich schimmernden Sterne 6^m,6 und 7^m,1; nur 0",542 von einander abstehend; Position 119° 56'. Die früher von mir vermuthete Bewegung ist durch nachfolgende Beobachtungen nicht bestätigt worden.

99. φ Piscium. 1^h 4',4. + 23° 40'.

Ein hochrother Hauptstern 4^m,7 mit einem bläulich schimmernden 10^m verbunden. Distanz 7",704 und Position 225° 47'.

102. 1^h 7',0. + 48° 4'.

Vierfacher Stern, aber die Distanzen sehr verschieden; die Helligkeit der Begleiter nimmt mit der grösseren Distanz vom Hauptstern ab. Die Sterne 7^m weiss, 8^m,2 weiss, 8^m,5 bläulich, endlich 11^m, bei welcher Lichtschwäche kein Farbenunterschied mehr erkennbar ist. Die Distanzen 0",500; 9",949; 29",893; die Richtungswinkel 303° 53'; 224° 17'; 66° 52'. Da die Beobachtungen erst seit 1831 und für den nächsten Begleiter seit 1833 datiren, so werden wir möglicherweise bald Bewegungen in diesem System wahrnehmen.

147. χ' Ceti. 1^h 33',1. — 12° 10'.

Ein weisser Hauptstern 5^m,3 mit einem mattgelblichen 6^m,9 verbunden. Seine etwaigen Veränderungen müssen auf südlicher gelegenen Observatorien erforscht werden. Position 87° 15'; Distanz 4",60.

281. ν Ceti. 2^h 25',7. + 4° 49'.

Der 5^m,0 rothe Hauptstern hat einen aschfarbenen Nebenstern 9^m,6. 7",285 und 82° 14'.

307. η Persei. H. IV. 4. 2^h 38',1. + 55° 10'.

Die Farben, Roth und Blau, sind sehr bestimmt ausgesprochen; die Grössen 4^m und 8^m,5. Wenn *Herschel's* I. Be-

obachtung anzunehmen wäre (Pos. 290° 5′), so würde eine verhältnissmässig starke Bewegung nicht zu bezweifeln sein. Allein seit 27 Jahren geben alle Beobachtungen übereinstimmend 300° 15′ mit Abweichung von höchstens 9′, so dass ein Schreibfehler von 10° bei *Herschel* zu vermuthen ist. Distanz 28″,691.

444. 15 n Plejadum. 3^h 35′,6. + 22° 33′.

Die beiden Sterne 7^m,7 und 10^m,5 sehr weiss. Die Beobachtungen umfassen erst 16 Jahre. Dist. 3″,317; Pos. 337° 58′. Man könnte in der Plejadengruppe viele Doppelsterne aufführen: es ist jedoch bei der allgemeinen Sternenfülle dieser interessanten Gruppe nicht sehr wahrscheinlich, dass diese Paare, wenn nicht wie hier die Distanz sehr gering ist, ausser dem allgemeinen Connex noch auf einen besonderen engeren zu beziehen sind.

528. χ Tauri. H. IV. 10. 4^h 12′,1. + 25° 13′.

Ein heller weisser Stern 5^m,7 mit einem bläulichen 7^m,8 verbunden. Bei *Herschel* I. kommt nur eine wenig sichere Distanz vor; die neuern geben seit 30 Jahren keine Veränderung zu erkennen. Distanz 19″,285; Position 24° 3′.

738. H. II. 9. λ Orionis. 5^h 25′,6. + 9° 49′.

Mit einem gelblichen 4^m hellen Hauptstern ist ein purpurfarbener Begleiter von 6^m Helligkeit verbunden. Man findet nur wenig purpurfarbne Sterne am Himmel. Dist. 4″,117; Pos. 44° 46′.

Das Sternbild Orion ist reich an Doppelsternen aller Art. Dahin gehören ι Orionis, der vierfache σ Orionis mit einem vorangehenden dreifachen, und mehrern andern in der Nähe, vor allem aber

748. H. III. 1. ϑ Orionis. 5^h 26′,7. — 5° 32′.

Sechsfach, wahrscheinlich aber noch vielfacher zusammengesetzt. Er steht im Orion-Nebel, wahrscheinlich aber nur optisch mit ihm verbunden. Die Sterne sind 4^m,7 gelblich, 6^m,3 gelblich, 7^m,0 weiss, 8^m,0 weisslich-aschfarben; 11^m,3 und 12^m. *Herschel* I. maass nur die 4 Seiten des Trapeziums, welches die 4 hellern Sterne bilden. Die sorgfältigen und zahlreichen Messungen seit jener Zeit haben noch in keiner Beziehung uns eine bestimmt nachzuweisende Veränderung kennen gelehrt. Da der Hauptstern eine Eigenbewegung von jährlich 0″,06 hat, seit *Herschel* (1776,87) also seinen Ort um mehr als 4″ verändert haben muss, so bleibt nur die Annahme übrig, dass alle Sterne dieses Complexes derselben

Eigenbewegung folgen, also alle zu einem physischen Attraktionssysteme verbunden sind.

1268. H. IV. 52. ι Cancri. 8h 36',0. + 29° 23'.

Ein 4m,4 heller, röthlichgelber, mit einem Begleiter von 6m,5 und bläulich. Aus *Herschel's* Beobachtungen von 1782 scheint eine rückgängige Bewegung zu folgen, die neuern seit 1821 geben keine Spur zu erkennen. Dist. 30'',540; Pos. 307° 27'.

1291. H. I. 30. ι² Cancri. 8h 43',5. + 31° 15'.

Dem vorigen nahe stehend. Die Sterne 5m,9 und 6m,4, beide gelb. Die Beobachtungen *Herschel's* vor 65 Jahren geben fast dasselbe Resultat wie die gegenwärtigen. Distanz 1'',470 und Position 335° 26'.

1524. H. N. 53. ν Ursae majoris. 11h 9',1. + 34° 2'.

Ein heller (3m,7) hochrother Hauptstern mit einem schwachen Begleiter 10m. Zwanzig Jahre ergeben noch keine Veränderung: 7'',096 und 146° 56'. In seiner Nähe erblickt man den bekannten, fast eben so hellen, ξ Ursae, von dem später ausführlich die Rede sein wird.

1692. H. IV. 17. 12 Canum venaticorum. 12h 47',9. + 39° 16'.

Der Stern kommt auf frühern Karten unter dem Namen „Carl's I. Herz“ vor. Er ist der hellste unter denen, die unterhalb der Bärensterne vereinzelt am Himmel stehen. Die einzelnen Sterne 3m,2 und 5m,7; sind seit 65 Jahren beobachtet. 20'',099 und 227° 7'. — Man kann ihn schon bei 15 bis 20maliger Vergrösserung doppelt erblicken.

1890. H. II. 79. 39 Bootis. 14h 43',9. + 49° 26'.

Die Sterne weiss und purpurroth, ihre Grösse 5m,8 und 6m,5. Vergleicht man alle Beobachtungen seit 1783, so kommt eine retrograde Bewegung heraus; indess die 27 Jahre umfassenden Dorpater allein verglichen gaben nahezu dieselbe Stellung: 3'',705 und 44° 58'.

2010. H. V. 8. κ Herculis. 16h 0',1. + 17° 31'.

Die einzelnen Sterne 5m und 6m. Beobachtungen sind seit 144 Jahren vorhanden; allein sie machen das Resultat nur um so zweifelhafter. Wir haben nämlich

Flamsteed	1703,31	61'', 7	13° 24'.
Herschel I.	1781,62	39, 98	7° 34'.

Nun aber geben die neuern sehr zahlreichen und sehr schön übereinstimmenden Beobachtungen in 26 Jahren gar keine Veränderung; sondern 31'',073 und 9° 26'. Eine der beiden

Coordinaten könnte gar wohl eine Reihe von Jahren hindurch stationär erscheinen, wenn sie früher veränderlich war, nicht aber beide. Man muss also den unvollkommnen Mitteln der früheren Zeit die allerdings auffallende Abweichung zuschreiben. — Die Sterne röthlich. Schon ein gutes Taschenfernrohr wird die Duplicität erkennen lassen.

2583. H. I. 92. π Aquilae. $19^h\ 40',6.\ +\ 11^0\ 23'$.

Die einzelnen gelblichen Sterne $6^m,0$ und $6^m,9$. Die Incongruenzen der frühern Beobachtungen liessen Zweifel bestehen; die neuern harmoniren besser und deuten keine Aenderung an. 1",379 und 122° 48'.

2637. H. III. 24. ϑ Sagittae. $20^h\ 2',3.\ +\ 20^0\ 24'$.

Die Sterne $6^m,0$ gelblichschimmernd und $8^m,3$ aschfarben. *Herschel* hat nur die Distanz gemessen, und die neuern seit 1819 datirenden Beobachtungen harmoniren gut mit einem unveränderlichen Mittel. 11",269 und 327° 4'.

2727. H. III. 10. γ Delphini. $203^h\ 8',8.\ +\ 15^0\ 29'$.

Die ausgezeichnet schönen Farben dieses Doppelsterns sind goldgelb und blaugrün; die Grössen 4^m und 5^m. In Fernröhren mässiger Grösse bei etwa 25 bis 30 Vergrösserung bequem sichtbar. Die Beobachtungen umfassen 77, und wenn *Bradley's* Meridianbeobachtung hinzugenommen wird, 102 Jahre, aber noch ist keine Spur einer Veränderung wahrzunehmen. Merkwürdiger Weise nennt *Herschel* diese Sterne „beide weiss." Gegenwärtig wird auch das ungeübteste Auge diese sich so sehr auszeichnenden Farben auf den ersten Blick erkennen; und doch zeigte *Herschel's* Teleskop die Farben, besonders Roth und Gelb, noch deutlicher als unsre Achromate. Hat hier wirklich eine Veränderung stattgefunden? Distanz 11",443; Position 273° 12'.

2942. Honores Frid. 18. $22^h\ 38',2.\ +\ 38^0\ 34'$.

Die sehr deutliche Farbe des 7^m hellen Hauptsterns hat das Mittel zwischen Goldgelb und Rosa; der Nebenstern $9^m,2$ ist weisslichgrau. Die nicht über 1830 hinaufgehenden Beobachtungen geben noch keine Veränderung. 2",849 und 280° 40'.

Die meisten der hier aufgeführten 36 Sterne (noch nicht der sechszigste Theil aller gemessenen und in diese Klasse gehörenden) können schon in Fernröhren von mässiger optischer Kraft, von 2½ bis 3 Fuss Brennweite, bequem gesehen werden; nur wo die Begleiter unter der 9. Grösse sind, müssen

stärkere Hülfsmittel angewandt werden; und eben so bei Distanzen unter 3″ bis 4″. Doch wird man im letzteren Falle häufig einen länglichten Stern erblicken oder auch zwei gleichsam zusammenklebende Lichtpunkte.

§. 274.

Doppelsterne, bei denen sich eine Veränderung der gegenseitigen Stellung nachweisen lässt.

Bei ihrer jetzt noch nicht übergrossen Zahl sollen sie auf Tab. V. zusammengestellt werden. Diejenigen, wo eine Bahnbestimmung versucht werden kann, werden im nächsten §. aufgeführt werden.

Die ersten vier Rubriken enthalten die Nr. des Struveschen Katalogs, die Namen des Sterns und die genäherte Ortsbestimmung für 1826. Die 5te bis 7te enthalten für das angegebene Jahr die Distanz und den Positionswinkel, und zwar mit dem Zusatze + oder —, wenn diese wachsen oder abnehmen. Um die Abnahme des Positionswinkels übersehen zu können, ist in der 8ten Rubrik angegeben, dem wievielten Theil des Umkreises (360°) diese jährliche Veränderung gleich ist; mit andern Worten: wieviel Jahre die Umlaufszeit des Doppelsterns betragen würde, wenn die gegenwärtige Veränderung der mittleren gleichgesetzt werden könnte. Obgleich demnach aus diesen Zahlen die Umlaufszeiten, einzeln genommen, nicht hervorgehen, so werden sie doch dienen können, sich eine allgemeine Idee von der Dauer der Umläufe in dieser Ordnung der Systeme bilden zu können. (Wenn für die Position *p* eine andere Epoche gilt, so ist diese in der 9ten Rubrik bemerkt.

Die einzelnen Beobachtungen wie die specielleren Resultate enthält der erste Theil meiner Untersuchungen über die Fixsternsysteme p. 69 — 214 und der besondre Anhang zum zweiten Theile. — Ueber einzelne mit * bezeichnete Doppelsterne folgen am Schlusse noch einige Anmerkungen.

§. 275.

Bemerkungen zur Doppelsterntafel, Nr. V.

2. Als einfacher Stern dem blossen Auge sichtbar. Das Fernrohr zeigt den erstern $6^m,3$ und blassgelb; den kleineren $6^m,6$ im tieferen Gelb; jetzt aber einander so nahe, dass eine Trennung fast unmöglich ist.

60. Die beiden Sterne nähern sich einander. Seit *Herschel* hat der Begleiter schon 52° seines scheinbaren Umlaufs zurückgelegt und bald wird eine Bahnberechnung versucht werden können.
73. Zwei schöne goldgelbe Sterne, die sich jetzt langsam von einander entfernen. Die Umlaufszeit scheint eine verhältnissmässig kurze zu sein.
88. Zwei weisse Sterne, die schon bei 8—10maliger Vergrösserung deutlich getrennt erscheinen. Bewegung sehr langsam.
93. Der Polarstern. Schon *Herschel* I. erkannte ihn als doppelt. Der Begleiter ist nur von 9. Grösse, und dennoch von *Struve*, *Wrangel*, *Encke* und mir bei Tage deutlich gesehen worden. Nur die Ruhe dieses Sterns (die tägliche Bewegung ist 40 Mal langsamer als die eines Aequatorsterns) scheint dies erklären zu können. Die Umlaufszeit, allerdings sehr langsam, scheint gleichwohl sicher zu sein; und da wir einen genäherten Werth für die Parallaxe des Sternenpaares besitzen (nach Peters = 0″,076) so lässt sich auch annähernd die Masse desselben bestimmen: $^2/_5$ der Sonnenmasse: — Der Hauptstern gelblich, der Begleiter weiss.
100. Hier gilt das bei 88 Gesagte.
117. Dreifach; was jedoch erst *Struve* 1827 erkannte, da *Herschel* I. ihn nur als Doppelstern aufführt; auch *Herschel* II. und *South* die Duplicität des schwächeren Sterns nicht erkannten. Der 4^m helle Hauptstern ist roth.
138. Beide Sterne von nahezu gleichem Glanze und gelblich.
162. Dreifaches System von weissen Sternen. Aber nur für den hellern und nähern Begleiter ist eine schwache Bewegung nachweisbar.
175. Eine bedeutende Zunahme sowohl der Distanz als des Positionswinkels.
202. Der Hauptstern im Bilde der Fische. Bei der grossen Helligkeit beider Sterne ist die langsame, kaum zu verbürgende Bewegung auffallend. Setzt man die Masse dieses Sternenpaares der Masse unsrer Sonne gleich, so ergiebt sich eine Entfernung von 15 Millionen Sonnenweiten = 310 Billionen Meilen.
205. Prachtvoller dreifacher Stern. Der Hauptstern schön goldgelb, die beiden nur 0″,42 von einander entfernten Begleiter bläulich und violett. Bis 1842 galt der Stern nur für doppelt; in diesem Jahr fand *O. Struve* die Duplicität des Begleiters. Die Bewegung sehr langsam.

228. Weisses Sternenpaar. Die Umlaufsbewegung rasch, und noch keine Abweichung vom Kreise verrathend.

262. Dreifaches System: ein röthlicher Hauptstern und zwei blaue Begleiter. Nur bei einem der Begleiter ist die Bewegung deutlich zu erkennen.

296. Ungewöhnlicher Unterschied der Helligkeit; langsame aber sicher erkannte Bewegung.

299. Schöner bequem sichtbarer Doppelstern. Die Farben: gelblich und aschfarben.

333. Der Stern scheint veränderlich, aber in sehr grosser Periode. Auf frühern Sternkarten kommt er in 7ter und 8ter Grösse vor. 1827 fand ihn *Struve* 6½ter; und 1832 4½ter Grösse. Ich selbst habe ihn immer zu 5^m gefunden, und bei heiterer Luft ihn ohne Schwierigkeit am Tage messen können. Die Distanz nimmt langsam zu.

412. In den beiden letsten Jahren gelang es nicht mehr, den Stern doppelt, und nur selten ihn länglicht zu sehen. Auch ein zweiter Begleiter steht 22″,4 entfernt; doch kann noch nicht entschieden werden, ob er physisch mit 7 Tauri verbunden sei.

461. Einer der wenigen Fälle, wo sich die Veränderlichkeit nur in der Distanz, nicht auch im Richtungswinkel wahrnehmen lässt, wiewohl sie auch nur gering ist.

554. Der Stern jetzt schon sehr schwierig, wegen Ungleichheit der Helligkeit beider Sterne und fortschreitender Abnahme der Distanz.

566. Die Sterne gelb und bläulich. Am besten in heller Dämmerung zu beobachten.

613. Dreifaches System, dessen einzelne Glieder jetzt einander näher rücken.

634. Leicht zu beobachten und schon bei 8—10maliger Vergrösserung doppelt erscheinend. Seiner Distanz nach gehört er erst seit 1840 zu *Struve's* letzter Ordnung: früher war der Abstand grösser als 32″.

653. Eigentlich dreifach, denn ein zweiter sehr lichtschwacher Begleiter steht in 12″,6 Entfernung. — Der Hauptstern grünlich, der hellere Begleiter bläulich.

774. Schöner glänzender am Tage bequem messbarer Doppelstern. Der Hauptstern roth, der Nebenstern röthlich olivenfarben. — An Doppel- und mehrfachen Sternen ist Orion reich, doch zeigen nur wenige eine deutlich wahrnehmbare, kein einziger eine bedeutende Veränderung des Richtungswinkels oder der Distanz.

919. Dreifacher Stern, die Glieder sämmtlich von weisser Farbe. Sie stehen fast in einer graden Linie; die Veränderungen sind sehr gering.

946. 948. 963. Zwei beträchtlich helle Doppel- und ein dreifacher Stern stehen hier in fast grader Linie nahe bei einander und in allen zeigt sich deutlich Bewegung. Der dreifache Stern hat zwei helle grünliche und einen schwächeren blauen Stern; 946 zeigt Goldgelb und Blau, 963 goldgelb und purpurfarben. Dass alle 7 (und wahrscheinlich noch mehrere uns nicht sichtbare) Glieder zu einem grossen Hauptsystem gehören, ist fast gewiss; aber erst sehr späte Zeiten werden Näheres darüber erforschen können.

982. Auch hier ein röthlicher Haupt- und ein bläulicher Nebenstern. Die Zunahme der Distanz (0",019 jährlich) ist noch nicht ganz sicher.

1066. Am besten im Dämmerlicht zu beobachten, wenn der schwache purpurfarbene Nebenstern schon sichtbar ist und der 3^m helle gelbliche Hauptstern noch nicht zu lebhaft glänzt.

1074. 1104. Zwei weisse Sternpaare, deren rasche Bewegung, wenn man fortfährt sie fleissig zu beobachten, in nicht zu langer Zeit eine Bahnberechnung ermöglichen werden. Bei dem erstern ist die gegenwärtige Distanz noch unter $^1/_2$ Sekunde und die Messung deshalb sehr schwierig.

1136. Auch hier starke Bewegung, doch mehr in der Distanz als im Positionswinkel.

1216. Dieser Stern ist besonders südlicher gelegenen Sternwarten zu empfehlen. Auch hier wird man vielleicht noch vor Ablauf des Jahrhunderts eine Bahnberechnung versuchen können.

1224. *W. Herschel* hat den Positionswinkel 57°. Dies steht im unvereinbaren Widerspruch mit allen späteren Beobachtungen, die eine direkte Bewegung erfordern. Hier ist ein Ablesungsfehler das Wahrscheinlichste.

1273. Die Farben gelb und blau. Anch hier wie in vielen andern Fällen gelingen die Beobachtungen am besten in heller Dämmerung und ohne künstliche Beleuchtung.

1306. Der Hauptstern zeigt einen schwachen grünlichen Schimmer.

1334. Der Hauptstern grün, der Nebenstern blau; leicht zu beobachten.

1424. Diesen prachtvollen Doppelstern beobachtete ich nur

bei vollem Tageslicht. Der Hauptstern goldfarben; der Nebenstern röthlich grün. Seit der ersten Beobachtung (1779) hat er noch nicht ein Zwölftel seines scheinbaren Umkreises zurückgelegt.

1457. Der geringen Distanz wegen bei seiner geringen Helligkeit sehr schwierig; aber er verdient fleissig beobachtet zu werden, da die Umlaufszeit nur wenige Jahrhunderte zu umfassen scheint.

1536. Auch hier Gelb und Blau. Die Aenderung der Distanz schwach und kaum zu verbürgen; die des Positionswinkels bedeutender. — In dem nur sparsam mit Sternen besetzten Bilde des Löwen sind gleichwohl Doppelsterne nicht selten; aber nur die drei zuletzt genannten zeigen erhebliche Stellungsänderungen.

1687. Dreifach; die Farben roth, blau, weiss. Der blaue von 8^m steht dem Hauptstern so nahe, dass er früher übersehen und erst 1828 von *W. Struve* entdeckt ward. Die Umlaufsbewegung sehr rasch.

1724. Beide angegebene Bewegungen bis jetzt wenig zu verbürgen.

1744. Schöner längst bekannter Doppelstern im grossen Bären; der mittlere der sogenannten Deichsel. Beide Sterne mattgrün. Die Bewegung sehr langsam, doch wohl sicher. Dieses Binarsystem ist das einzige, von dem bis jetzt ein photographisches Bild beider Glieder erhalten worden ist. *W. Bond* in Cambridge (Nordamerika) hat das interessante Experiment ausgeführt und ein Bild auf seiner Platte erhalten, auf dem er sodann die Messungen veranstaltete. Sie gewährten eine sehr befriedigende Genauigkeit.

1757. Die Bewegung auffallend rasch, trotz der so geringen Helligkeit.

1768. Die Distanz jetzt so gering, dass die Messungen nur selten gelingen.

1821. Die Sterne grün und blau; die Bewegung langsam doch sicher. — Bootes ist reich an glänzenden und schönfarbigen Doppelsternen, und einige derselben zeigen merkliche Veränderung.

1877. Die Farben (Roth und Blau) ungemein bestimmt und stark. Leicht zu sehen, auch am hellen Tage, aber etwas schwierig zu messen: in den frühern Beobachtungen kommen zum Theil sehr sonderbare Abweichungen vor.

1954. Die neuern Beobachtungen dieses hellen Sternes geben

eine langsame Veränderung des Positionswinkels; mit *W. Herschel* verglichen eine fünfmal raschere. Da aber dies nur erklärlich wäre, wenn die damalige Distanz sehr gering gewesen wäre, worüber nichts angeführt wird, so ist eine falsche Ablesung wahrscheinlich.

1965. Helle grünliche Sterne; die Bewegung sehr langsam, aber wohl gewiss.

2021. Zwei weisse an Glanz fast gleiche Sterne. Die Distanz nimmt langsam ab und die Winkelbewegung wird demgemäss rascher.

2107. Jetzt schon schwierig zu beobachten; rasche Bewegung. Die Farben ein mattes Roth.

2120. Der Hauptstern roth; der schwache Nebenstern tiefblau. Erst seit 1829 als Doppelstern bekannt, weshalb ungeachtet der sehr raschen Bewegung die Bahnberechnung noch nicht wohl möglich ist.

2130. Zwei weisse helle Sterne. Früher zur zweiten, jetzt bei verminderter Distanz zur ersten Herschel'schen Klasse gehörig; die Veränderung auch des Positionswinkels bedeutend.

2161. Beide Sterne von schwach grünlicher Farbe. Die Distanz im Zunehmen; die Beobachtung leicht.

2173. Zwei goldgelbe Sterne. 1829 bis 1832 fand *Struve* den Begleiter nördlich vorangehend, ich finde ihn (seit 1841) südlich folgend; und die Berechnung zeigt, dass er um 1836, wo auch in der That keine Duplicität zu erkennen war, in nur $^1/_6$ Sekunde Distanz an seinem Hauptstern vorüberging.

Die hier zunächst folgenden Doppelsterne gehören (optisch) dem grossen Milchstrassengürtel an. Sie sind zahlreich, doch nur wenige unter ihnen besonders hell oder sonst ausgezeichnet. Bemerkenswerth sind die folgenden fünf:

2220. Des grossen Helligkeitsunterschiedes ungeachtet leicht zu beobachten, da die Distanz bedeutend ist.

2264. Beide Sterne gleich hell, oder wenig verschieden; die Farben grünlich, roth und orange. Langsame Bewegung.

2281. Weisse Sterne von langsamer, aber nicht mehr zweifelhafter Bewegung.

2382 }
2383. } Zwei schöne Sternenpaare. Das nördliche grün und blau; das südliche weiss und an Glanz etwas veränderlich. Die Verbindung zu einem Attraktionssystem ist

nicht allein für jedes Paar insbesondere, sondern auch für beide zusammengenommen nachweisbar: sie stehen 208″ auseinander und die Umlaufszeit im Gesammtsystem muss mindestens eine halbe Million Jahre betragen.

2579. Zu den allerschwierigsten gehörig. Der Hauptstern ist in der Nacht zu hell und verbirgt den Begleiter vollständig in seinen Strahlen; der Begleiter für Tagbeobachtungen zu schwach. — *R. Hind* hat schon eine Bahnberechnung versucht.

2603. Die Sterne gelb und blau; die Messungen gelingen am besten bald nach Sonnenuntergang.

2681. Eigentlich vierfach, oder genauer gesprochen zwei Doppelsternpaare, deren Hauptsterne 42″ von einander abstehn. Doch zeigt nur einer der Begleiter, in der Tafel aufgeführt, eine deutliche Bewegung.

2758. Der uns am genauesten bekannte Fixstern, was hauptsächlich *Bessel's* schönen Beobachtungen zu danken ist. Wir kennen annähernd seine Parallaxe (0″,364), seine Masse (0,31 ⊙ für die Summe beider Sterne) und seine Eigenbewegung (5″,31 oder jährlich 14½ Sonnenweiten = 300 Millionen Meilen). Letztere Zahl ist nun allerdings eine Componente aus seiner wahren eignen und der Bewegung unsrer Sonne; überdies nur eine verkürzte Projection auf der Himmelskugel, so dass dies Datum unmittelbar keinen sichren Schluss gestattet. Die Bahn des nur wenig schwächeren Begleiters weicht stark vom Kreise ab, wenigstens in der scheinbaren Projection.

2737. Dreifacher Stern, aber von noch etwas zweifelhafter Bewegung.

2816. Das eben Gesagte gilt auch hier.

2909. Beträchtlich hell, grünlich und sehr wenig an Glanz verschieden. Die Bahn scheint nahezu kreisförmig zu sein, da er bereits den zehnten Theil seines scheinbaren Umlaufs ohne Aenderung der Distanz zurückgelegt hat.

3049. Die Sterne: grün und schön blau. In der angegebenen Bewegung sind nur die Dorpater Messungen benutzt, die ältern Herschel'schen stimmen weder unter sich selbst, noch mit den späteren.

3050. Zwei schöne gelbliche Sterne. Die Beobachtungen beginnen erst mit 1832.

3127. Heller grüner Hauptstern; der Begleiter kommt ihm jährlich um ⅛ Sekunde näher.

β Scorpii. Nicht im Dorpater Katalog enthalten, da er schon ausserhalb der Grenze der Struve'schen Untersuchungen steht. Die hier gegebene Bestimmung dieses sehr hellen Doppelsterns gründet sich auf die frühern der beiden *Herschel*, eine Berliner und zwei Dorpater-Messungen von mir und den im Jahre 1846 von *Mitchell* in Cincinnati angestellten. Nur ein so ausgezeichnet günstiges Jahr wie 1845, aus dem meine Dorpater-Messungen datiren, erlaubt einem Beobachter in höhern Breiten einen so weit südlich stehenden Stern zu beobachten.

Die sorgfältigen seit der Veröffentlichung des Dorpater Katalogs (1827) angestellten Untersuchungen haben die folgenden Doppelsterne als blos optische gezeigt:

27.	2396.
125.	2424.
142.	2521.
1263.	2704.
1516.	2708.
1909.	2777. = *δ* Equulei

zu denen wahrscheinlich noch einige andre kommen. Im Allgemeinen jedoch ist die Zahl der blos optischen gegen die der physischen sehr gering.

§. 276.

Doppelsterne, deren Bahnelemente sich berechnen lassen.

(**Auf Tafel VI. zusammengestellt**).

Bis jetzt nur wenige Fälle. Vier Doppelsterne finden sich, welche seit der ersten Messung bereits einen vollen Umlauf und darüber zurückgelegt haben; bei einigen andern fehlt nur noch ein geringer Theil der Bahn. Wo dies nicht der Fall ist, kann die Berechnung nur für eine noch rohe Annäherung gelten. Die nähern Erläuterungen, so wie die einzelnen Beobachtungen nebst den übrig bleibenden Abweichungen, können hier nicht gegeben werden; sie finden sich in dem oben mehrfach erwähnten Werke Thl. I. p. 225—275.

Anmerkungen.

1523. Unter allen Doppelsternbahnen die am genauesten bestimmte, und zugleich die sicherste Gewähr für die Gültigkeit des Newton'schen Attraktionsgesetzes in diesen Systemen. Die Beobachtungen umfassen 76 Jahre.

1110. Obgleich die Beobachtungen 138 Jahre umfassen, so ist doch die Bestimmung noch wenig sicher, und man wird wohl erst im künftigen Jahrhundert zu einer erheblich schärferen Bestimmung gelangen.

3062. Seit 75 Jahren durch 280 Grade seines scheinbaren Umlaufs verfolgt.

2032. 75 Jahre der Beobachtungen sind ein zu geringer Theil der Bahn, und so gewähren die Elemente noch sehr wenig Sicherheit. Doch dürfte die Zeit des Perihels ziemlich genau sein. Der Stern hat nahezu die Hälfte seines scheinbaren Umlaufs zurückgelegt.

1937. Es können schon reichlich 1½ Umlauf verfolgt werden, denn die erste Beobachtung datirt 1781 September. Der Stern war um 1853 herum sehr schwierig zu beobachten.

1196. Dreifacher Stern. Die angegebene Bahn gilt für den näheren Begleiter, den *Herschel* I. zuerst beobachtete. Der entferntere bedarf etwa 7 Jahrhunderte zu seinem Umlauf.

1356. Sehr schwierig zu beobachten, wenn er nicht wie zu *Herschel's* I. Zeit in der Nähe seines Apheliums steht.

1938. Beide Sterne, die jetzt schon schwierig zu trennen sind, haben noch eine gemeinschaftliche Bewegung um einen 4^m hellen, etwa 2′ entfernten Stern (μ Bootis), deren Periode aber auf Zehntausende von Jahren anzunehmen ist.

2262. Die Bestimmung noch wenig sicher. Eine Kreisbahn statt der hier gegebenen schwach elliptischen hätte den Beobachtungen etwa eben so gut entsprochen. Er steht eigentlich schon zu südlich für Nordeuropas Sternwarten.

1998. Dreifaches System. Der entferntere Begleiter bedarf über ein Jahrtausend zum Umlaufe; auch ist er viel lichtschwächer als die beiden einander nähern Sterne. — Auch ist die hier gegebene Kreisbahn ein blosser Versuch, und die genauern Resultate müssen auf süd-

licher gelegenen Sternwarten ermittelt werden. Der oben §. 274 aufgeführte Doppelstern 1999 steht nur etwa 4 Minuten südlich von ξ Librae.

2055. Zwei schöne helle am Tage zu beobachtende Sterne. Sie sind jetzt der grössern Distanz wegen leichter als zu *Herschel's* Zeit zu beobachten und werden sich in den nächsten Decennien wieder einander nähern.

2084. Dieser Stern hat den Beobachtern grosse Schwierigkeiten gemacht. Gegenwärtig ist er nicht sehr schwierig, vorausgesetzt dass man die Messungen am Tage oder doch in hellster Dämmerung anstelle; ein Gelingen in voller Nacht halte ich geradezu für unmöglich.

2272. Ein wahres experimentum crucis für die Berechner. Die Herschel'schen Beobachtungen von 1779, 1781, 1802 und 1804 stimmen vortrefflich mit den von 1825 bis 1847 sehr zahlreich angestellten, aber unmöglich ist es, die von 1818 bis 1823 gemachten damit zu vereinigen. Selbst wenn man von *Herschel* I. ganz absehen wollte, kommt keine Uebereinstimmung mit den spätern Daten heraus. — Vielleicht findet eine doppelte Bewegung statt und das System ist ein mehrfaches. Die oben angegebenen ohngefähren Resultate sind unter Ausschluss der dissentirenden Beobachtungen von 1818—23 erhalten.

1670. Die Bahn weicht bedeutend von derjenigen ab, welche ich in den früheren Auflagen dieses Werks gegeben. *Herschel* II. hat nämlich entdeckt, dass die älteste, von *Bradley* 1718 angestellte Beobachtung um 10° vermindert werden müsse und die frühere Angabe auf einer falschen Reduktion beruhe. Gegenwärtig stimmt Alles vortrefflich. Die Excentricität ist nächst α Centauri die grösste von allen bisher bei Doppelsternen wahrgenommenen.

2579. Noch wenig zu verbürgen. Der grosse Helligkeitsunterschied beider Sterne erschwert die Beobachtungen bedeutend.

α Centauri. Dieser in Europa unsichtbare Stern ist nach den am Cap, in Madras, Poonah und St. Helena gemachten Beobachtungen berechnet. Da wir seine Parallaxe durch *Henderson* und *Maclear* kennen, so lässt sich seine wirkliche Entfernung ($4^2/_3$ Billion Meilen) ermitteln und mit der hypothetischen vergleichen, was bis jetzt nur bei dieser einzigen Bahn möglich ist.

Unter die wichtigsten und folgenreichsten Entdeckungen in der Himmelskunde muss entschieden die gezählt werden, die wir den letzten Lebensjahren *Bessel's* verdanken. Seinem unermüdeten Fleisse, verbunden mit einem durchdringenden Scharfsinn gelang es, in den Bewegungen einiger Fixsterne, und namentlich denen des Sirius und Procyon, Abweichungen zu entdecken, die sich nur erklären liessen durch die Annahme:

> „dass diese Sterne Glieder von Partialsystemen seien, in denen sie eine Bahn um einen in ihrer Nähe befindlichen, uns jedoch unsichtbaren Körper beschreiben: dass es folglich nichtleuchtende (oder zu schwach leuchtende) Körper gebe, um welche sich andre weit stärker leuchtende als ihre Satelliten bewegen."

Die aufgeführten Thatsachen waren noch unzureichend, um die Bahnen der oben erwähnten Sterne zu bestimmen, wohl aber waren sie hinreichend um solche Bahnen anzudeuten. Doch trotz der gründlichen Darlegung, wie man sie von einem *Bessel* stets erwarten konnte, ward das merkwürdige Ergebniss fast allgemein mit Misstrauen und Zweifeln begrüsst. Sein bald darauf erfolgter Tod schien die Sache in Vergessenheit bringen zu wollen, um so mehr als *Struve* bald darauf zu zeigen versuchte, dass die von *Bessel* aufgestellten Anomalien der Eigenbewegung in der Wirklichkeit nicht sicher begründet seien, vielmehr wahrscheinlich Beobachtungs- und Reduktionsfehlern zugeschrieben werden müssten.

Bei meinen Berechnungen der Doppelsternbahnen und Bewegungen, welche in den „Untersuchungen über die Fixsternsysteme" Th. I. und auszugsweise auch hier im Vorstehendem mitgetheilt sind, traf ich auf einige Sterne, bei denen die Beobachtungen sich durch Annahme einer einfachen Bahn in einem Linearsystem nicht gut darstellen liessen. Am bestimmtesten war dies der Fall bei einem schönen Doppelstern in den Zwillingen (*Struve's* Calalog 1037). Ich machte den Versuch ein dreifaches System anzunehmen, in welchem eine der wirksamen Massen uns unsichtbar ist, und gelangte, wie a. a. O. näher auseinandergesetzt ist, zu befriedigenden Resultaten. Der Fall war denen, welche *Bessel* zur Sprache gebracht hatte, sehr ähnlich: bei ihm wurden z w e i Sterne erfordert, wo nur e i n sichtbarer stand; in meinem Beispiele dagegen d r e i, wo sich nur z w e i wahrnehmen liessen.

Dennoch glaubte *Airy*, indem er die Priorität der Wahrnehmung veränderlicher Eigenbewegungen für seinen Vor-

gänger *Pond* in Anspruch nahm, sich ausdrücklich gegen eine Billigung der Bessel'schen Erklärung verwahren zu müssen. — Machen wir diesen Männern daraus keinen Vorwurf. Wissenschaftliche Zweifel müssen immer und überall gestattet sein, ja sie sind nothwendig, um die volle Wahrheit an's Licht der Welt zu ziehen.

Im Jahre 1850 und 51 endlich veröffentlichten die astronomischen Zeitschriften Europa's und Amerika's nahe gleichzeitig vier verschiedene Untersuchungen von *Schubert*, *Peirce*, *Peters* und mir, betreffend die Sterne α Virginis, α Canis majoris und α Canis minoris (Spica, Sirius und Procyon). Für ersteren fand *Peirce*, dass eine Umlaufsbahn von etwa 44 Jahren um einen 0″,90 von ihm entfernten Punkt angenommen werden müsse, um die Anomalien zu erklären. Für den zweiten, in Beziehung auf welchen die Arbeiten am weitesten vorgerückt sind (hauptsächlich des reicheren Beobachtungsmaterials wegen) fanden *Schubert* und *Peters*, welche beide unabhängig von einander ihre Untersuchungen durchgeführt hatten, nahe übereinstimmend eine Bahn von 49—50 Jahren um einen Punkt, der 2½″ vom Sirius entfernt ist, und in welchem, wenn die von *Henderson* gegebene Parallaxe des Sirius = 0″,23 nahezu richtig ist, eine Masse stehen muss, die nach den geringsten noch zulässigen Annahmen ³/₅ der Sonnenmasse beträgt, und von der wir gleichwohl nichts wahrnehmen.

Peters (jetzt in Altona, Director der Sternwarte und Herausgeber der astronomischen Nachrichten) hat in seiner klassischen Abhandlung „über die eigne Bewegung des Sirius" (Astr. Nachr. 745 — 748) nicht allein alle gegen die Thatsache selbst erhobenen Zweifel auf's gründlichste gehoben und beseitigt, und die (übrigens fast verschwindend kleinen) Correctionen angebracht, welche eine mangelhafte Nutations- und Aberrationsconstante in den Beobachtungen noch übrig gelassen hatte, so wie die Unstatthaftigkeit der von *Pond* angenommenen veränderlichen Bewegung mehrerer anderer Sterne nachgewiesen; sondern auch durch die gründlichste Discussion derselben und eine Theorie der Bahnberechnung aus blossen Rectascensions-Unterschieden die Elemente der Siriusbewegung, wie folgt, gefunden:

Durchgang d. Sirius durch die untere Apside seiner Bahn	1792,819
Mittlere jährliche Bewegung in derselben	7°,3104
Umlaufszeit	49,245 Jahre
Excentricität	0,5624

Der mittlere Abstand des Sirius von diesem Bewegungs-

centrum, wie er sich für uns in Rectascension projicirt, ist $= 2'',55$ Bogen; hat die Bahn eine Neigung gegen die Ebene des Erdäquators, so ist der Abstand grösser.

Veranlasst durch die inzwischen bewirkte Mittheilung meiner eignen Arbeit über Procyon (s. unten), welcher Stern bei Berechnung der Siriusbahn als Vergleichstern gedient hatte, wiederholte *Peters* seine Berechnung, indem er jetzt Procyon, der von mir nachgewiesenen Veränderlichkeit wegen, bei der Vergleichung ausschloss. Die neue Berechnung ergab:

Durchgang durch die untere Apside	1791,431
Mittlere jährliche Bewegung	7°,1865
Umlaufszeit	50,096 Jahre
Excentricität	0,7994

bei einem mittleren Abstande vom Schwerpunkte in AR von $2'',56$ (Bogen); so dass mit Ausnahme der Excentricität, alle übrigen Elemente sich nur unbedeutend verändert hatten.

Das durch Annahme dieser Bahnelemente den Beobachtungen Genüge geleistet werde, zeigt folgende Vergleichung, bei welcher die angesetzten Zahlwerthe Tausendtheile von Zeitsekunden sind.

		Beobachtungsdifferenzen ohne Annahme einer besonderen Bahn.	Dieselben Differenzen, wenn diese Annahme Statt findet.
Bradley	1757	− 2	0
Maskelyne	1767	− 83	− 10
Piazzi	1805	+ 27	+ 18
Bessel	1815	− 17	− 11
Pond	1819	− 54	+ 20
Bessel	1825	− 4	− 14
Struve	1825	− 20	+ 2
Argelander	1828	− 17	+ 20
Peters	1830	+ 27	− 4
Airy	1830,5	+ 24	+ 5
Pond	1832	+ 62	− 13
Busch	1835	+ 104	− 3
Airy	1838,5	+ 189	+ 3
Peters	1839,5	+ 222	− 9
Bessel u. Busch	1843	+ 327	− 27
Airy	1844,5	+ 233	+ 27
Bouris	1847,5	+ 189	+ 2
Busch u. Wichmann	1848,6	+ 190	− 21

so dass der gegenwärtige grösste Fehler nur 1/12 des früheren beträgt.

Was meine eigne Untersuchung über Procyon's veränderliche Eigenbewegung betrifft, so ist sie noch unvollendet und kann erst dann mit Aussicht auf reellen Erfolg zu Ende geführt werden, wenn ein vollständigeres Beobachtungsmaterial als jetzt vorliegt. Was ich durch meine vorläufige Mittheilung bezweckte, ist oben dargethan. — Die Veränderlichkeit der Eigenbewegung Procyons war von *Bessel* nur in Declination zu zeigen versucht worden. Ich führte diese Untersuchung bis auf die neuere Zeit fort, und dehnte sie auch auf die früher nicht in Betracht gezogenen Rectascensionen des Procyon aus. In beiden Coordinaten zeigt sich eine Veränderlichkeit, die auf eine Bahn von 50—60 Jahren bei einem Halbmesser von $2^1/_2$" führt. Ein Mehreres aber kann gegenwärtig noch nicht gefolgert werden, weshalb diese Erwähnung hier genügen möge. Neuerdings hat *Auwers* einen Versuch gemacht, die Bewegung des *P* Procyon um den Schwerpunkt seiner Bahn in der Kreishypothese zu berechnen, die eine genügende Uebereinstimmung mit den Beobachtungen und eine Umlaufszeit von nahe einem halben Jahrhundert giebt. — Bei Sirius scheint es, als sei die bisher unsichtbare Masse gesehen worden. Ein sehr schwacher Stern steht neben Sirius in einer Stellung, die der Peters'schen Berechnung entspricht.

Bis jetzt hat noch keiner derjenigen Astronomen, welche *Bessel's* Hypothese nicht für begründet erachteten, über diese fortgesetzten Arbeiten sich vernehmen lassen. Allerdings stehen wir hier auf einem gänzlich neuen Felde, denn eine Astronomie des Unsichtbaren gab es vor *Bessel* und *Leverrier*, ja vor 16 Jahren überhaupt noch nicht, und noch kann Niemand wissen, wie weit sie uns führen und zu welchen Ergebnissen wir gelangen werden über Objecte, von denen das Fernrohr uns keine direkte Kunde geben kann. Die von *Bessel* hervorgehobenen Thatsachen und ihre Erklärung stehen mit der allgemeinen Theorie nicht im Widerspruch, sind vielmehr ganz auf sie basirt, allein gleichwohl ist die Ansicht, dass helle Körper Satelliten von dunkeln Körpern sein sollen, eine so durchaus neue und den bisher bekannten Analogien heterogene, dass es kein Wunder nehmen kann, wenn es Manchem schwer wird, sich daran zu gewöhnen. Was mich betrifft, so scheint mir, insbesondere beim gegenwärtigen Stande der Sache, nicht der geringste Zweifel mehr zu bestehen, dass *Bessel* vollkommen Recht hat, und dass wir in der That dem späten Lebensabend des unsterblichen Mannes, den Jahren, wo er bereits unrettbar dem Siechbett, das er nicht mehr verlassen sollte, anheim gefallen war, die grösste und folgenreichste aller seiner Entdeckungen verdanken.

In unserm Sonnensystem erscheinen die nicht leuchtenden

Massen nur als solche, die dem Hauptkörper untergeordnet sind, aber es bietet uns doch schon einen hinreichenden Anhaltpunkt für die Ueberzeugung, dass die Form der Bahn und die Gesetze der Bewegung nicht durch den Umstand modificirt werden, dass in einem Falle Beleuchtung statt findet und in einem andern nicht. Hier nun sehen wir, dass die specifische Leuchtkraft der Oberflächen in ganz und gar keinem Connex mit der Bedeutsamkeit der Massen stehe. Eine Leuchtkraft gleich Null kann eben sowohl mit einer überwiegend grossen, als eine stark glänzende Oberfläche mit einer geringen, subordinirten Masse verbunden sein.

§. 277.

Noch keiner der Doppelsterne in weiterem Sinne, von 32″ bis 7′ Distanz, welche *Struve* untersucht hat, und von denen die meisten auch schon von *Herschel* dem Vater beobachtet waren, hat bis jetzt die geringste Andeutung einer Stellungsveränderung ergeben, die auf eine Bahn bezogen werden könnte, woraus geschlossen werden kann, dass da, wo wirklich in diesen Sternen ein physischer Nexus stattfindet, die Umlaufszeiten nicht wohl unter 20000 Jahren sein können.

Die oben angeführten Beobachtungen haben aber die Wahrscheinlichkeit gezeigt, dass auch noch unter diesen Sternenpaaren eine physische Verbindung stattfinde, ja es lässt sich auf gleiche Weise darthun, dass auch selbst Doppelsternsysteme mit andern Doppelsternsystemen zu einem System höherer Klasse verbunden vorkommen. Hierzu wird es erforderlich sein, zuerst die Vertheilung der Doppelsterne am Himmel etwas näher zu betrachten.

In der Einleitung zu seinem Catalogus novus giebt *Struve* das Resultat einer Zählung der Doppelsterne nach Stunden der graden Aufsteigung, innerhalb der von ihm angenommenen Grenzen. Es finden sich, wenn man 24 Stunden in 6 Gruppen vertheilt:

Stunde												
	0^h	93	Doppelst.	4^h	148	8^h	128	12^h	122	16^h	124	20^h 130
	1	126	-	5	209	9	94	13	83	17	154	21 103
	2	136	-	6	171	10	102	14	116	18	179	22 116
	3	144	-	7	161	11	101	15	109	19	175	23 86
		499			689		425		430		632	435

Diese Ungleichheit wird durch die Milchstrasse veranlasst, in der die Anzahl aller Sterne, mithin auch der Doppelsterne, häufiger ist. Die Ungleichheit würde noch stärker hervortreten, wenn man die Doppelsterne geringerer Grössen mitnehmen wollte, denn das numerische Uebergewicht der Milchstrassen-

sterne tritt desto entschiedener hervor, je geringere Helligkeitsklassen betrachtet werden. Doch zeigen sich auch in der Milchstrasse mehrere Strecken, wo Doppelsterne verhältnissmässig seltner sind, z. B. die, welche vom Schweife des Schwans durch die Eidechse, den Scepter des Cepheus und die Mitte der Cassiopeja zieht. Im Allgemeinen aber ist die Vertheilung im Grossen nicht so ungleich, dass eine Anwendung des Wahrscheinlichkeitsgesetzes, wie sie oben in Bezug auf die einzelnen Doppelsterne gegeben ist, nicht auch auf die Verbindungen mehrer Paare unter sich statthaft sein sollte.

Nach Ausschluss der zweimal gezählten, nicht wieder gefundenen, oder als einfach erkannten Sterne des Catalogus, und Hinzufügung der bis 1837 neu en deckten erhält man 3070 Doppelsterne, vertheilt in dem Himmelsraume von + 90° bis — 15° Declination. Untersucht man die Wahrscheinlichkeit, dass zwei dieser Paare innerhalb x Minuten scheinbarer Entfernung auseinander stehen, wenn diese Art der Verbindung nur aus der (zufälligen) Stellung der Erde hervorgeht und die erwähnte Verbindung also eine optische ist, so findet man, ähnlich wie oben:

$$\frac{3070 \,.\, 3069}{2} \,.\, \frac{\sin^2 \tfrac{1}{2}'}{} = 0{,}158x^2,$$

welcher letztere Ausdruck hinreichend genau ist, wenn x nicht auf mehrere Grade steigt. Setzen wir für x nach einander die Werthe 20′, 10′, 5′, 2′, so findet sich, dass, der Wahrscheinlichkeit nach, optische Verbindungen eines Doppelsternpaars mit einem anderen bei *Struve* vorkommen müssen:

zwischen	20′ und	10′	Distanz	47	mal
„	10 und	5	„	12	„
„	5 und	2	„	3	„
	innerhalb	2	„	½	„

Zwar sind die Oerter der Doppelsterne im Allgemeinen noch nicht so genau bestimmt, dass nicht Fehler von 2 bis 3 Minuten zu befürchten wären, wenn man die Distanzen aus den Angaben des Catalogs berechnet; aber dies wird dem Gesammtresultat keinen Eintrag thun. Eine wirkliche Zählung zeigt, dass die erwähnte Verbindung vorkommt:

zwischen	20′ und	10′	Distanz	50	mal
„	10 und	5	„	20	„
„	5 und	2	„	22	„
	innerhalb	2	„	19	„

und dass mithin, der Wahrscheinlichkeit nach, unter diesen Verbindungen physische vorkommen:

zwischen	20′ und 10′	Distanz	3
„	10 und 5	„	8
„	5 und 2	„	19
innerhalb	2	„	18 bis 19.

Auch unter diesen Verbindungen zeigen sich vielfache. Die Doppelsterne 950, 951, 952, 3117, 3118 lassen unter sich 10 Verbindungen zu, und die Distanzen sind: 8′, 8′, 13′, 14′, 15′, 13′, 18′, 14′, 10′, 8′. Ein Kreis mit dem Radius 9′ umschliesst alle fünf Doppelsternpaare. Das erstere derselben (950) ist 15 Monocerotis und der Hauptstern 6. Grösse.

Vier Paare auf einem Raume von 16′ Halbmesser finden sich im Cepheus, und unter ihnen ist ein dreifacher Stern, Nr. 2816 des Verzeichnisses. Dreifache Verbindungen kommen vor zwischen 54, 55 und 56, wo die Distanzen nur 5′, 4′, 4′ betragen; bei 151, 152 und 153, wo sie 1′, 8′, 8′ sind; bei 747, 752 und 754 und noch einigemale.

Der Verbindung des vierfachen Sterns 762 mit dem dreifachen 761 (im Orion) bei 4′ Distanz ist bereits oben gedacht, so wie der beiden Doppelsterne ε und 5 Lyrae, welche die hellsten unter den hierher gehörigen sind. — Mehrmals finden sich zwischen solchen Gruppen einzelne Sterne von ausgezeichneter Helligkeit.

Eben so ist die völlig oder doch sehr nahe gleiche Grösse der einzelnen Sterne in solchen Verbindungen merkwürdig. In 757 und 758 (Distanz 1′) sind sämmtliche 4 Sterne 8^m; in 1386 und 1387 (Distanz 3′) gleichfalls; bei der dreifachen Combination 1091, 1092, 1096 sind 5 Sterne 8^m und einer 9^m. In 1974 und 3128 (Distanz 3′) sämmtliche Sterne 9^m. Auch symmetrische Combinationen sind nicht selten: 268 und 270 (Distanz 13′) sind 7^m, 8^m und 7^m, 8^m; bei 617 und 618 (Distanz 4′) findet sich $8^m,5$; $8^m,5$; und $7^m,5$; $7^m,5$. Die Doppelsterne 1398 und 1400 (3′ Distanz) und $7^m,5$; 10^m und $7^m,5$; 10^m. Aehnliches findet statt bei 2531 und 2532 (Distanz 8′,) Sterne $8^m,5$; 10^m und $8^m,5$; 10^m; und bei 2709 und 2710 (Distanz 4′) zeigen sich 8^m; 10^m und 8^m; 10^m.

Es deutet also Alles darauf hin, dass wir unter diesen Verbindungen Systeme höherer Ordnung zu suchen haben: Doppelsternpaare, die um andre Doppelsternpaare kreisen und Partialgruppen in dem allgemeinen Heere des Fixsternhimmels darstellen. — Die specielle Entscheidung wird am sichersten durch Untersuchung der eignen Bewegungen möglich sein, um so mehr, als die Bewegung, die eine Folge der physischen Verbindung ist, hier nur eine äusserst langsame, erst nach mehreren Jahrhunderten oder Jahrtausenden bemerkbare

sein kann. Bis jetzt können nur ε und 5 Lyrae als solche aufgeführt werden, deren eigne Bewegung sicher bekannt ist, und wir erhalten nach *Argelander:*

	Eigne Bewegung in AR.	in Decl.	
für 5 Lyrae	+ 0″,011	+ 0″,085	jährlich
ε Lyrae	+ 0, 006	+ 0, 070	
Differenz	0″,005;	0″,014:	

Hinreichend übereinstimmend, um die eigne Bewegung in beiden Paaren als gleich und ihren Nexus als einen physischen höherer Ordnung zu betrachten. Hoffentlich werden wir bald im Stande sein, die Frage noch für mehrere dieser Gruppen zu entscheiden.

Dreizehnter Abschnitt.

Astronomische Chronologie.

§. 278.

Zu allen Zeiten hat der Himmel gedient, Zeit und Raum für den Erdbewohner abzumessen und die Geschäfte des bürgerlichen Lebens zu ordnen, und selbst die gebildetsten Völker der Jetztwelt, für welche das Bedürfniss, beide vom Firmament zu entlehnen, weniger unmittelbar und dringend zu sein scheint, schöpfen dennoch aus derselben Quelle, nur dass sie dieses Geschäft grösstentheils den gelehrten Forschern und mechanischen Künstlern übertragen haben, die ihnen Kalender und Uhr liefern und ihnen die gemessenen Räume durch Karten und andere Hülfsmittel vor Augen stellen. Solcher Bequemlichkeiten entbehrte das Alterthum, entbehrte grösstentheils selbst das klassische Griechenland und Rom, so wie auch noch heute alle

nicht durch europäische Kultur umgewandelte Völker: für sie ist vielmehr „der Himmel, seine Welten und seine Wunder" — wie ein hochverdienter, nun dahingeschiedner, Astronom sein Werk benannte — die alleinige Uhr sammt Kalender und Wegweiser. Daher darf es uns nicht verwundern, wenn nicht allein halbkultivirte, sondern selbst ganz rohe Völker bei näherer Bekanntschaft eine überraschende Kenntniss des Firmaments und eine den Europäer in Erstaunen setztende Sicherheit in den Zeit- und Ortsbestimmungen, welche sie dieser Kenntniss verdanken, an den Tag legen. Der Mexikaner, obgleich er es nicht bis zur Buchstabenschrift gebracht hatte, errichtete dennoch seinen Tempel, bis auf wenige Minuten Abweichung, nach den Weltgegenden; der Araucane, der Tahitier und Sandwichsinsulaner, lange bevor europäische Kultur den Weg zu ihm gefunden, hatte schon den sämmtlichen Planeten und den wichtigsten Fixsternen eigne Namen gegeben, beobachtete das Kreuz des Südens und die Sterne der Argo auf seinen nächtlichen Zügen durch die pfadlosen Thäler, und gelangte sicher an sein Ziel. Und selbst in unsern heimischen Fluren sehen wir oft den Hirten, der bei Nachtzeit seine Heerde bewacht, der Hülfsmittel leicht entbehren, welche die Natur der Städte ihm darbieten könnte, denn der grosse und der kleine Bär, die er besser als mancher sich hoch über ihn erhaben dünkende Musensohn kennt, sagen ihm, wann und wohin er sich zu wenden habe.

Und in der That, auch die höchste Vollendung menschlicher Wissenschaft und Kunst wird nie vermögen, Werkzeuge darzustellen, die an Regelmässigkeit und Sicherheit des Gebrauches der grossen Weltenuhr gleichkämen, die von einer höheren Hand gelenkt wird; abgesehen davon, dass selbst der Grad von Vollendung, dessen ein mechanisches Werkzeug fähig ist, ohne Hülfe der Himmelsbewegungen weder erreicht, noch selbst erkannt werden könnte. Die Umdrehung der Erde um ihre Axe erfolgt mit einer Gleichförmigkeit, der selbst die allerschärfste Beobachtung noch keine Anomalie hat abgewinnen können, eben so wenig als die theoretische Untersuchung eine dergleichen andeutet; sie ist zugleich durch alle Jahrhunderte und Jahrtausende hin so constant, dass wir z. B. fest versichert sind, zu *Hipparch's* Zeiten sei der Tag noch nicht um $1/200$ Sekunde länger oder kürzer gewesen als gegenwärtig.*) Der Um-

*) Dieses wichtige Resultat, aus welchem *Laplace* ganz folgerecht den Schluss zieht, dass die Erde im Ganzen seit jener Zeit weder wärmer, noch kälter geworden sein könne, gewinnt man durch Vergleichung der Mondsörter, wie die Finsternissbeobachtungen der Alten sie ergeben, mit den in unsern Tagen beobachteten, unter Zuziehung der Elemente der Mondbahn.

lauf der Erde um die Sonne entbehrt zwar dieser absoluten Constanz, denn das mittlere tropische Jahr kann in den verschiedenen Zeitaltern um 38 Sekunden verschieden ausfallen und auch das siderische ist Störungen unterworfen, die bis auf einige Minuten in Zeit gehen können; allein die Wissenschaft hat Mittel gefunden, diese Ungleichheiten zu berechnen und sicher vorauszubestimmen, wodurch sie, praktisch genommen, aufhören Ungleichheiten zu sein. Der Mondlauf, das wichtigste Element für die Zeiteintheilung bei den Alten, zeigt noch beträchtlich grössere Ungleichheiten, doch auch von diesen gilt das so eben Gesagte, und nur die Incongruenz der Zeitabschnitte, welche uns der Mondlauf darbietet, mit den durch die Sonne gegebenen, nach welchen Tages- und Jahreszeit sich regeln, hat schon vor 1900 Jahren dahin geführt, ihn nicht länger als Eintheilungsprincip beizubehalten.

§. 279.

Die Bestimmung der Zeit, wenn sie am Himmel gemacht werden soll, steht im genauesten Zusammenhange mit der der Weltgegenden. Am leichtesten würden Osten und Westen durch den Auf- und Untergang der Sonne zu erhalten sein, wenn nicht in allen ausserhalb des Aequators und seiner nächsten Umgebung liegenden Gegenden diese Punkte im Laufe des Jahres sehr beträchtlich nach Norden und Süden hinrückten. Dennoch finden wir bei den ältesten Völkern der Erde Abend und Morgen früher erwähnt und angewandt als Mittag und Mitternacht, welche sich zwar schärfer bestimmen lassen, allein auch den Gebrauch irgend eines — wenn auch noch so rohen — künstlichen Hülfsmittels erfordern.

Die Bemerkung, dass auf halbem Wege zwischen Auf- und Untergang jeder Weltkörper, mithin auch die Sonne, seinen höchsten Stand in Bezug auf den Horizont erreicht, folglich ein senkrecht stehender Gegenstand um diese Zeit und nach dieser Richtung hin den kürzesten Schatten zeigen wird, führte darauf, durch diesen Schatten den Meridian zu bestimmen. Da aber der Moment, wo der Schatten die geringste Länge zeigt, direkt nicht genau wahrgenommen werden kann, indem die Aenderungen dieser Länge um die Mittagszeit herum zu gering sind, so kann man zunächst in folgender Art verfahren.

Man errichte einen senkrechten Stab von beliebiger Höhe und ziehe von seinem Fusspunkte aus concentrische Kreise von beliebiger Anzahl in solchen Distanzen, dass der Endpunkt des Schattens nach und nach in die Peripherieen dieser Kreise trifft. Man bemerke nun während des Vormittags

diese Punkte (die in einer gegen den Stab hin convexen Curve liegen werden) und fahre Nachmittags damit fort, wenn der Schatten sich wieder verlängert und nach und nach die Kreise wieder erreicht, durch welche er sich früher zurückzog. Verbindet man hierauf die dem gleichen Kreise gehörenden Punkte durch eine grade Linie, so wird die Normale, welche man vom Fusspunkte des Stabes auf diese Linie zieht, die Richtung des Meridians bezeichnen. Da man an mehreren Kreisen beobachtet hat, so wird man — wegen der unvermeidlichen Beobachtungsfehler — auch mehrere Richtungslinien erhalten, die indess nahe übereinstimmen werden, wenn kein Versehen vorgegangen ist, und aus denen man die mittlere Richtung nimmt.

Dies Verfahren setzt voraus, dass die Declination der Sonne sich in der Zwischenzeit nicht verändere, was annähernd wahr ist, wenn die Sonne dem Sommer- oder Wintersolstitium nahe steht. Man wählt also am besten den Tag des Solstitiums selbst. Da ferner die Schatten der Sonne nicht scharf begrenzt sind, wenn der Stab lang ist, und die Richtungen zu unsicher werden, wenn er selbst und folglich auch die gefällten Normalen nur kurz sind, so ist es besser, an das obere Ende des Stabes eine dünne metallne Platte mit einer kleinen runden Oeffnung anzubringen, und nicht den Endpunkt des Schattens, sondern das durch diese Oeffnung fallende Sonnenbild zu beobachten und an den Peripherien der Kreise die Punkte zu bemerken, wo der Mittelpunkt dieses Sonnenbildes sie berührt hat.

Ist auf diese Weise die Richtung NS. bestimmt, so wird man leicht durch fortgesetzte Halbirung der Bögen die Punkte O, W, NO, NW, u. s. w. bestimmen können.

Die genauern, in der Astronomie gebräuchlichen Methoden, den Meridian zu finden, setzen schon den Gebrauch einer Uhr voraus, auf deren gleichförmigen Gang wenigstens innerhalb einiger Stunden man sich verlassen kann, oder sie sind doch sehr künstlich und erfordern mehr als einen gleichzeitigen Beobachter. — Uebrigens kann man bei gehöriger Sorgfalt auf dem oben angedeuteten Wege schon zu einer Mittagslinie gelangen, die hinreichende Genauigkeit besitzt, um z. B. ein Gebäude nach den Himmelsgegenden zu orientiren, eine Sonnenuhr einzurichten u. dgl. mehr.

§. 280.

Diese Sonnenuhren waren entschieden die ältesten Uhren, die den Menschen von der Natur selbst an die Hand gegeben

wurden. Der Mensch durfte nur den Schatten eines Baumes, einer Bergspitze, ja selbst nur seinen eignen mit einiger Aufmerksamkeit betrachten, um die Zeit so genau zu bestimmen als seine einfache und kunstlose Lebensweise es erforderte. Die künstlichen Sonnenuhren sind Nachahmungen dieser natürlichen. Man lässt den Schatten einer gradlinigten Kante auf eine ebene Fläche fallen, und die verschiednen Arten der Sonnenuhren unterscheiden sich nur durch die Winkel, welche diese Ebenen und Kanten mit der Ebene des Aequators oder der des Horizonts machen.

Die einfachste (nicht unbedingt leichteste) Einrichtung einer Sonnenuhr ist gegeben, wenn man die Ebene dem Aequator und die schattenwerfende Kante der Erdaxe parallel macht. Da in diesem Falle die Tageskreise der Sonne der Ebene parallel sind und die schattenwerfende Kante dem Pole, also demjenigen Punkte des Himmels, um welchen herum gleichen Bögen gleiche Zeitabschnitte zugehören, entspricht: so hat man nur den Umfang dieser Ebene durch gleiche Winkel vom Mittelpunkt aus in so viele gleiche Theile zu theilen, als man zur bequemen Erkennung der Zeit machen will. Derjenige Theilungspunkt, welcher der Stunde 12 entsprechen soll, muss mit demjenigen Meridian, der durch den Anfangspunkt desselben geht, in einer vertikalen Ebene liegen, was sich durch ein Loth oder auf andre Weise leicht bewerkstelligen lässt.

Wird eine solche Uhr unter den Polen der Erde errichtet, so liegt die Ebene horizontal und die Schattenkante senkrecht auf dem Horizont. Unter dem Aequator muss die Ebene vertikal von O. nach W. stehen und die Schattenkante horizontal gerichtet sein, auch muss sie hier auf beiden Seiten der Ebene errichtet werden, um die Sonnenuhr in allen Jahreszeiten brauchbar zu machen. Während des Sommers der Nordhalbkugel ist sodann die Nordseite, während des Winters die Südseite diejenige, auf welcher sich die Schatten projiciren, während die entgegengesetzte dann ganz im Dunkel liegt.

Zwischen Aequator und Pol (auf der schiefen Kugel) unter der Breite φ wird dagegen die Ebene mit dem Horizont des Orts den Winkel $90^0 - \varphi$, und die Kante den Winkel φ bilden; übrigens wird man, wie unter dem Aequator, beide Seiten der Fläche für Beschattung einrichten müssen, wenn die Uhr in allen Jahreszeiten brauchbar sein soll. Im Winter wird sodann die untere, im Sommer die obere Fläche die Stunden angeben.

Die schattenwerfende Kante ist am besten die Seite eines Dreiecks, das in der auf dem Meridian senkrechten Ebene errichtet wird. Man könnte einfacher einen Stab wählen, allein die Schatten eines solchen sind minder scharf und würden bei etwas bezogenem Himmel leicht ganz unkenntlich werden, während die breite Dreiecksfläche noch hinreichend deutliche Schatten wirft.

Jeden durch Sonnenlicht begrenzten Schatten umgiebt ein sich allmählich verlierender Halbschatten, der in Bogen (vom Anfangspunkte des Schattens aus) 32′ gross ist und 2 Minuten Unsicherheit in Bestimmung der Zeit veranlasst. Nimmt man die ohngefähre Mitte dieses Halbschattens als Grenze an, so wird man die einzelne Minute stets richtig erhalten und der Fehler nur Sekunden betragen können; und mehr Genauigkeit verlangt man von einer Sonnenuhr in der Regel nicht.

§. 281.

Die Einrichtung der im vorigen §. beschriebenen Aequatoreal-Sonnenuhr führt uns auf die Horizontaluhr. Die Schattenkante des Dreiecks muss, wie bei der vorigen, der Weltaxe parallel liegen. Die Fläche, auf welcher die Schatten sich projiciren, ist horizontal und die Stundenlinien müssen folglich Pojectionen der Stundenlinien einer Aeqnatorealuhr sein. Hat man den Meridian bestimmt, so kann man die Winkel t' der Stundenlinien mit dem Meridian aus dem Stundenwinkel t und der Polhöhe φ durch die Formel:

$$\operatorname{tg} t' = \operatorname{tg} t \sin \varphi$$

berechnen und durch Hülfe eines Winkelinstruments eintragen. So sind z. B. für die Polhöhe $52^1/_2{}^0$ (genau die des Platzes Belle-Alliance zu Berlin) die Stundenlinien einer Horizontaluhr die folgenden:

						Diff.
$3^1/_2$	Morg.	$8^1/_2$	Abd.	134°	2′	7° 59′
4	-	8	-	126	3	8 28
$4^1/_2$	-	$7^1/_2$	-	117	35	8 55
5	-	7	-	108	40	9 15
$5^1/_2$	-	$6^1/_2$	-	99	25	9 25
6	-	6	-	90	0	9 25
$6^1/_2$	-	$5^1/_2$	-	80	35	9 15
7	-	5	-	71	20	8 55
$7^1/_2$	-	$4^1/_2$	-	62	25	8 27
8	-	4	-	53	58	8 0
$8^1/_2$	-	$3^1/_2$	-	45	58	

Morg.		Abd.			Diff.
8½	Morg.	3½	Abd.	45° 58′	7° 32′
9	-	3	-	38 26	7 6
9½	-	2½	-	31 20	6 43
10	-	2	-	24 37	6 26
10½	-	1½	-	18 11	6 11
11	-	1	-	12 0	6 1
11½	-	½	-	5 59	5 59
12	-	0	-	0 0	

Um einigermaassen zu beurtheilen, wie weit eine solche für eine bestimmte Polhöhe eingerichtete Sonnenuhr unter andern nahe liegenden Polhöhen brauchbar sei, mögen hier dieselben Stundenlinien für 53½° Br. (nahe der von Stettin) nebst dem Unterschiede gegen Berlin, stehen:

M.		und	A.			
3½	M.	und	8½	A.	133° 39′	— 23′
4	-		8	-	125 42	— 21
4½	-		7½	-	117 17	— 18
5	-		7	-	108 27	— 13
5½	-		6½	-	99 18	— 7
6	-		6	-	90 0	0
6½	-		5½	-	80 42	+ 7
7	-		5	-	71 33	+ 13
7½	-		4½	-	62 43	+ 18
8	-		4	-	54 18	+ 21
8½	-		3½	-	46 21	+ 23
9	-		3	-	38 48	+ 22
9½	-		2½	-	31 40	+ 20
10	-		2	-	24 54	+ 17
10½	-		1½	-	18 24	+ 13
11	-		1	-	12 9	+ 9
11½	-		½	-	6 4	+ 5
12	-		0	-	0 0	+ 0

Man würde also, wenn eine für Berlin eingetheilte Sonnenuhr in einem um 1° nördlicher oder südlicher gelegenen Orte aufgestellt werden sollte, entweder die Linien um die in der letzten Columne angegebenen Winkelgrössen verändern, oder Fehler in der Zeitbestimmung bis zu 1½ Minute, die aus dieser Quelle entspringen, übersehen müssen.

Statt der angegebenen Berechnung kann man auch ein blos constructives Verfahren anwenden.

(Fig. 51.) Man ziehe die Linie *CT* und verlängere sie unbestimmt über *T* hinaus; setze an *C* den Winkel *TCB* = der Polhöhe des Ortes, ziehe *TB* normal auf *CT* und *BR* normal

auf *CB*, mache ferner *RV* auf der verlängerten Linie = *BR* und ziehe von *V* aus mit *VR* den Quadranten *RS*, den man in 6 (oder wenn man halbe und Viertelstunden bezeichnen will, in 12 und 24) Theile theilt. Man ziehe hierauf *Re* senkrecht auf *CR*, und hierauf von V aus durch die Theilungspunkte die Linien *Va*, *Vb* u. s. w. bis an die Linie *Re*, so werden *Ca*, *Cb* u. s. w. die Stundenlinien sein, die man bis an den Rand der Ebene verlängert. Bringt man nun *CR* in den Meridian, und errichtet auf *CT* das Dreieck *CBT* senkrecht auf der Ebene, in der es hier verzeichnet ist, so werden die Linien *Ca* 11, *Cb* 10, *Cc* 9, *Cd* 8 u. s. w. die Stundenlinien für den Vormittag von 6 bis 12, und auf der andern Seite erhält man die Nachmittagslinien *C* 1, *C* 2 u. s. w., wenn man die einzelnen Winkel den entsprechenden an der Vormittagsseite gleich macht. Endlich erhält man die Linien für die Stunde 5, 4 u. s. w. Vormittags, wenn man die für die gleichnamigen Nachmittagsstunden rückwärts über *C* hinaus verlängert, und in ähnlicher Weise auch die für die Stunde 7, 8 u. s. w. Nachmittags.

Dem eingetheilten Rande kann man jede beliebige Form geben, da es allein auf die Richtung der Stundenlinien ankommt.

In den gnomonischen Schriften wird gezeigt, wie Sonnenuhren in jeder beliebigen Lage der eingetheilten Fläche zu verzeichnen sind, was wir hier übergehen können, eben so wie die Verfertigung der Sonnenringe u. dgl.; was sich übrigens Alles sehr leicht ergiebt.

§. 282.

Will man blos den wahren Mittag wissen, so kann man bei der oben beschriebenen Einrichtung stehen bleiben und durch einen senkrechten Stab, in dem oben eine Oeffnung angebracht ist, das Bild der Sonne auf eine Meridianlinie fallen lassen. Eine solche Einrichtung heisst ein Gnomon. Statt des Stabes wählt man Säulen oder hohe Mauern, wodurch man zugleich eine grössere Unveränderlichkeit des Standes erzielt. Je höher die Oeffnung sich über dem Fussboden befindet, desto genauer wird der Mittelpunkt bezeichnet. Den höchsten bekannten Gnomon errichtete *Toscanella* in Florenz 1467 in der Kuppel der dortigen Kathedrale; er lag 277 Fuss über dem Boden. In der Petroniuskirche zu Bologna befindet sich eine 180 Fuss lange, von Metall eingelegte Linie, welche *Cassini* gezogen hat und die dazu gehörige Oeffnung im Gewölbe ist 83¹/₂ Fuss hoch. Man findet noch in den italienischen Städten, so wie zu Paris, Marseille

und andern Orten, solche alte Gnomone, die aber von dem Astronomen nicht mehr angewandt werden, da sie die jetzt erforderte und auf andern Wegen erreichbare Genauigkeit nicht gewähren können.

Auch hat man versucht, den Augenblick des wahren Mittags für das Gehör zu bezeichnen. Man bringe da, wohin der durch die erwähnte Oeffnung fallende Sonnenstrahl trifft, einen kleinen Brennspiegel, und im Focus desselben eine kleine Quantität Schiesspulver an, wodurch ein Kanonenschlag erzeugt wird, sobald die Sonne den Meridian erreicht hat. Der Ort des Brennspiegels muss indess jeden Tag verändert werden, um der jedesmaligen Declination der Sonne zu entsprechen; und trübe oder zu kalte Tage veranlassen so häufige Ausfälle, dass diese Vorrichtung nur geringen praktischen Nutzen gewährt.

Da überhaupt Sonnenuhren nicht die jetzt fast allgemein gebräuchliche mittlere sondern die wahre, also ungleiche Sonnenzeit zeigen, so sind sie mehr und mehr ausser Gebrauch gekommen. Früher, bei grösserer Unvollkommenheit der mechanischen Uhren waren sie unentbehrlich, und überdies rechnete man bis zur Mitte des 18. Jahrhunderts im bürgerlichen Leben fast allgemein nach wahrer Sonnenzeit. Beide Zeiten miteinander zu vergleichen, dient die Zeitgleichung, über welche in den vorigen Abschnitten bereits das Nöthige gesagt ist.

§. 283.

Die Zeit in der Nacht zu bestimmen, würde der Mond das beste Mittel darbieten, wäre sein Lauf nicht so sehr ungleich und liesse sich über denselben ein nur einigermaassen zustimmender einfacher Cyclus aufstellen. Da dies nicht der Fall ist, so müsste man für jede einzelne Nacht insbesondere die Zeit seiner Culmination und ausserdem noch, beiläufig wenigstens, die Schnelligkeit seines Laufes kennen, woraus sich das Gesuchte leicht ergeben würde. Deshalb übergehen wir hier die sogenannten Monduhren. Praktischer und allgemeiner anwendbar sind die Sternuhren, die am besten für bestimmte, stets sichtbare Sterne eingerichtet werden. In ganz Europa und allen Ländern gleicher nördlicher Breite sind die beiden Sterne α und β des grossen Bären (die sogenannten Hinterräder) stets sichtbar und culminiren gleichzeitig mit einander. Aus ihrer graden Aufsteigung ist leicht zu berechnen, wann sie mit der Sonne zugleich in den

Meridian gelangen; wir haben nämlich für ein in der Mitte zwischen zwei Schaltjahren liegendes Jahr, wie 1858:

AR. α Ursae majoris 10^h 54'
AR. ☉ am 4. Septbr. 10 51,6
am 5. - 10 55,2

so dass die Nacht vom 4. bis 5. September diejenige ist, in welcher die Sonne und α Ursae majoris die gleiche Rectascension haben.

Man verbinde nun zwei Scheiben von Holz oder Messing so, dass die innere beweglich ist, theile den Kreis der äusseren Scheibe in die 12 Monate und 365 Tage des Jahres ab und befestige am Instrument eine Handhabe, deren Mitte auf die Nacht vom 4. bis 5. September gestellt und befestigt ist. Im Mittelpunkt der inneren Scheibe dreht sich ein messingnes Lineal um ein Gewinde. Die innere Scheibe wird in 24 Stunden getheilt, und um auch im Dunkeln diese Theilung durch's Gefühl abzählen zu können, schneidet man rund herum Zähne ein, so dass der grösste Zahn der 12ten oder Mitternachtsstunde gehört. Das Lineal ragt über den äusseren Rand hinaus und hat in der Mitte des Gewindes, um welches es sich bewegt, ein Loch, welches mit einer Seite des Lineals in grader Linie liegen muss.

Man wolle nun z. B. in der Nacht vom 8. zum 9. April die Zeit bestimmen, so stelle man zuerst den grössten Zahn der inneren Scheibe auf den 8. — 9. April der äusseren, fasse die Uhr beim Handgriff und halte sie gegen Norden aufrecht, so dass die bezeichnete Seite sich gegen Süden kehrt und ihre Ebene ohngefähr um den Winkel der Aequatorhöhe gegen den Horizont geneigt ist, sehe durch das in der Mitte befindliche Loch nach dem Polarstern und verschiebe das Lineal so lange, bis längs der Kante desselben die beiden Sterne α und β des grossen Bären und gleichzeitig durch das Loch der Polarstern gesehen wird, so ist die an dieser Seite des Lineals liegende Stunde die gesuchte.

§. 284.

Auch ohne eine solche Vorrichtung wird man durch jeden Stern, dessen Rectascension man kennt, verbunden mit dem Polarstern die Stunde der Nacht bestimmen können, ohne in unsern Breiten um mehr als 10 Minuten zu fehlen. Der Polaris giebt nämlich, auch ausser seinen Culminationen, immer die Richtung N beiläufig an, wenn man durch das Zenith und ihn einen grössten Kreis zieht, und die S-Richtung findet sich, wenn man diesen grössten Kreis auf der

andren Seite des Zeniths verlängert. Zwei senkrecht stehende Gegenstände, z. B. zwei weisse Stäbe, so in den Boden befestigt, dass sie für das Auge einander decken, wenn sie beide den Polaris decken, bezeichnen diese Richtung auf eine bequeme Weise.

Man stelle sich nun auf die andre Seite, das Auge nach Süden gewendet, und merke, welcher helle Stern in der Culmination oder dieser doch möglichst nahe steht, so dass man im letzteren Falle leicht schätzen kann, wie viel Zeit noch bis zu seiner Culmination verfliessen werde, oder bereits verflossen sei. Aus der Rectascension des Sterns ergiebt sich sodann leicht die Stunde, wo er Nachts culminirt. Da aber eine Tafel der Rectascensionen nicht Jedem zur Hand, und im Gedächtniss zu bewahren ebenfalls schwierig sein dürfte, so kann statt einer solchen der Jahrestag dienen, an welchem der Stern um Mitternacht culminirt.

Es finden sich für die Mitte des gegenwärtigen Jahrhunderts:

für Castor	d. wahre Mittern. z.	10. Jan.	d. mittl. z.	12 Jan.
Procyon	-	12. -	-	14. -
Alphard	-	7. Febr.	-	10. Febr.
Regulus	-	17. -	-	21. -
Denebola	-	16. März	-	18. März
Spica	-	11. April	-	11. April
Arcturus	-	25. -	-	24. -
Gemma	-	16. Mai	-	15. Mai
Antares	-	29. -	-	28. -
Wega	-	30. Juni	-	30. Juni
Athair	-	17. Juli	-	18. Juli
α des Wassermanns	-	21. Aug.	-	21. Aug.
α der Andromeda	-	24. Sept.	-	22. Sept.
α d. Widders	-	26. Oct.	-	22. Oct.
α i. Wallfisch	-	9. Nov.	-	5. Nov.
Aldebaran	-	1. Dec.	-	28. -
Sirius	-	31. -	-	31. Dec.

Die vorstehenden Culminationen erfolgen im Süden, die folgenden im Norden unterhalb des Polarsterns:

für Deneb (α im Schwan)	d. wahre Mittern. z.	27. Jan.	d. mittl. z.	30. Jan.
α der Cassiopeja	-	30. März	-	1. April

für α des Perseus	d. wahre Mittern. z.	12 Mai	d. mittl. z.	11. Mai
Capella	-	9. Juni	-	9. Juni
α des grossen Bären	-	5. Sept.	-	4. Sept.
γ des grossen Bären	-	20. -	-	18. -
η des grossen Bären	-	21. Oct.	-	18. Oct.
Wega	-	30. Dec.	-	30. Dec.

Durch die Data der ersten Columne erhält man die wahre, durch die der zweiten die mittlere Zeit. Für jeden Monat später culminirt der Stern zwei Stunden früher (für jeden Tag 4 Minuten).

Man habe nun z. B. in der Nacht vom 5. zum 6. März die Culmination der Spica beobachtet, so giebt die Tabelle:

Spica 11. April
6. März

1 Monat 5 Tage früher,

also die Culmination 2 Stunden 20 Minuten nach Mitternacht.

In der Nacht vom 13. zum 14. October habe man Athair beiläufig 12 Grad (48 Minuten Zeit) über seine Culmination hinaus, also westlich, beobachtet, so giebt die Tabelle:

Athair 18. Juli
14. October

2 Monate 27 Tage später,

also Culmination 5 Stunden 48 Minuten vor Mitternacht,
d. h. 6 Uhr 12 Min. Abends
er war darüber hinaus - - 48 -

also Zeit 7 Stunden Abends mittlere Zeit.

§. 285.

Da Sonnenuhren bei trüber Witterung und des Nachts ihre Dienste versagten, so war man zu andern Mitteln genöthigt, und so entstanden zuerst die Wasser- oder Sanduhren. Durch eine kleine runde Oeffnung lief Wasser oder feiner trockner Sand aus einem Gefäss in ein anderes, wozu jedesmal nahe dieselbe Zeit erfordert wurde. Gewöhnlich wurden sie auf eine Stunde eingerichtet, und die beiden Gefässe symmetrisch gemacht, so dass man sie nach dem einmaligen Ablaufen nur umzukehren brauchte. Eine solche Uhr bedurfte eines Wärters, der sie zur rechten Zeit umkehrte und

beobachtete; übrigens konnten sie nicht genz genau sein, denn bei verschiedner Temperatur floss das Wasser und bei verschiednem Feuchtigkeitszustande der Luft auch der Sand in ungleicher Zeit ab; überdies verdunstete das Wasssr, und es war schwierig, stets die gleiche Quantität in den Gefässen zu erhalten.

Von grosser Wichtigkeit war demnach die Erfindung der Räderuhren, die im Anfange des 11. Jahrhunderts in Italien gemacht wurde. Man nennt einen Mönch in Bologna, *Pacificus*, als den ersten Erfinder, indess steht dies keineswegs fest. Auch blieben sie Jahrhunderte hindurch sehr unvollkommen, und man findet nicht, dass die Astronomen davon irgend einen Gebrauch machten, wo es sich um genaue Zeitbestimmungen handelte; vielmehr entnahmen sie bei jeder einzelnen Beobachtung die Zeitbestimmung unmittelbar vom Himmel, so beschwerlich dies auch war. Die Erfindung der Taschenuhren, im J. 1500 zu Nürnberg gemacht, war für die Sternkunde von geringer Wichtigkeit, von desto grösserer dagegen die des Uhrpendels, welche wir *Huyghens* verdanken. Von jetzt an war die Möglichkeit, eine Uhr zu genauen astronomischen Bestimmungen zu benutzen, in Aussicht gestellt, und die bedeutenden Preise, welche besonders in England zu Anfang des 18. Jahrhunderts ausgesetzt wurden, veranlassten die Künstler, auf Mittel zu sinnen, um auch denjenigen Uhren, welchen man keinen festen Standort geben konnte, also namentlich den Schiffsuhren, die Vollkommenheit und Genauigkeit zu verschaffen, welche die Pendeluhren erreicht hatten. Nunmehr konnte auch für das bürgerliche Leben die wahre Zeit mit der mittleren vertauscht werden, welche letztere die eigentlich wahre, d. h. gleichförmige Zeit ist, und die Gnomone kamen ausser Gebrauch. — Bis zu Ende des vorigen Jahrhunderts waren es fast allein die englischen Künstler, *Harrison* (der 10000 Pfund Sterling als die Hälfte des ausgesetzten Preises erhielt), *Mudge*, *Emery*, *Arnold* u. A., die sich mit Erfolg auf die Verfertigung der Chronometer und Time-Keepers (wie insbesondere die Schiffsuhren genannt wurden) beschäftigten. Später kamen auch französische (wie *Breguet*) und deutsche Künstler (wie *Kessels* und *Tiede*) hinzu, so dass Pendeluhren, wie man sie noch vor 50 Jahren zu den besten zählte, jetzt von den Chronometern weit überflügelt sind, und das Pendel nur dadurch noch einen Vorzug behaupten kann, dass es dieselben Verbesserungen in sich aufgenommen hat, und dass bei ihm eine vollständigere Ausgleichung des Einflusses

der Wärme, als bei den Chronometern, möglich ist; so dass es in der That scheint, als sei gegenwärtig von Seiten der Mechanik die höchstmöglichste Grenze der Vollkommenheit erreicht.

§. 286.

Alle gesittete Völker der Erde theilen jetzt den mittleren Sonnentag in 24 Stunden, und diese durch fortgesetzte Division mit 60 in Minuten, Sekunden und etwa noch Tertien, eine Uebereinkunft der Zeitmessung und Zeiteintheilung, wie sie auch den Raum- und andern Maassen zu wünschen wäre. Eben so ist das Zusammenfassen von 7 Tagen in einen grösseren Zeitabschnitt, die Woche, seit den alleraltesten Zeiten in Gebrauch gekommen. In Frankreich wurde während der Staatsumwälzung zu Ende des 18. Jahrhunderts eine Decimal-Eintheilung des Tages, so wie ein Zusammenfassen von 10 Tagen zu einer Decade statt der Woche, eingeführt, jedoch nur kurze Zeit beibehalten. Was dagegen die grössern Zeitabschnitte, Monat und Jahr, betrifft, so ist eine solche Uebereinstimmung noch keineswegs allgemein erreicht worden, so dass wir zwischen Mond- und Sonnenjahren, und bei diesen letztern zwischen altem und neuem Kalender, unterscheiden müssen,

Den Anfangspunkt der (24) Stunden, welche den Tag bilden, liessen die alten Völker mit dem Einbruche der Nacht oder bestimmter mit dem Untergange der Sonne zusammenfallen, die natürlichste Zählungsweise in Ermangelung von Uhren (nur die Babylonier zählten vom Morgen an). Denn Mittag und Mitternacht sind durch kein bestimmtes Moment hervorgehoben, und den Aufgang der Sonne kann auch der Fleissigste leicht verschlafen. So ward die Nacht zum folgenden Tage gerechnet.*)

Als man die Ungenauigkeit, welche in dem bald früheren, bald späteren Untergange der Sonne lag, zu fühlen begann und eine grössere Gleichförmigkeit Bedürfniss ward, gewöhnte man sich allmählich, den wirklichen Tag in bestimmtere Theile zu theilen, den Anfang der Nacht, den man noch durchwachte, als Abend zum vergangenen Tage zu zählen und nur die letztere Hälfte derselben, die der Ruhe gewidmet war, dem folgenden Tage zu lassen. Dies führte auf die Mitternacht als Anfangspunkt des Tages, wie es

*) „Und es ward Abend, und es ward Morgen: der erste Tag." Gen. 1, 4. (Nach der wörtlichen Uebersetzung des Hebräischen.)

jetzt wohl allgemein eingeführt ist, wo man die Zeit durch Uhren bestimmt. Nur in der Astronomie hat die Praxis des Beobachters eine andere Zählungsweise veranlasst. Um nämlich der Unbequemlichkeit, die Beobachtungen einer Nacht auf zwei verschiedene Kalendertage vertheilen zu müssen, zu entgehen, zählt man den astronomischen Tag von Mittag an und theilt ihn nicht, wie den bürgerlichen, in 2 mal 12, sondern direkt in 24 Stunden, d. h. man zählt die letzteren von 1 bis 24 fort. So ist der 9. December 9 Uhr Vormittags astronomisch bezeichnet der 8. Dec. 21 Uhr.

§. 287.

Die Monate waren ursprünglich, wie auch ihr Name andeutet, vom Mondslaufe hergenommen. Das erste Wiedererscheinen des Mondes nach seiner Conjunction, was bei einigen Völkern durch öffentlichen Ausruf verkündigt wurde, begann den neuen Monat. Da dies bald 29, bald 30 Tage währte, so führte dies dahin, die Monate abwechselnd 29 und 30 Tage währen zu lassen. Nach 12 solchen Monaten war beiläufig dieselbe Jahreszeit zurückgekehrt (wenigstens passte die Zahl 12 etwas besser als 13), und so enthielt das Jahr 12 Monate à 29½ Tage, oder 354 Tage.

Die verschiedenen Bemühungen, dieses Jahr mit dem tropischen Sonnenjahre (dessen genaue Länge 365 T. 5 St. 48 Min. 45 Sek) in Uebereinstimmung zu bringen, veranlassten Einschaltungen einzelner Tage oder auch ganzer Monate nach Verlauf gewisser Perioden, deren immer genauere Bestimmung die Alten vielfach beschäftigt hat.

Die Aegypter (deren Jahresrechnung mit der babylonischen eine und dieselbe gewesen zu sein scheint) müssen frühzeitig auf ein Sonnenjahr gekommen sein. Ihre Monate: Thot, Phaophi, Athyr, Chöak, Tybi, Mechir, Phamenoth, Pharmuthi, Pachon, Payni, Epiphi, Mesorie, hatten ohne Ausnahme 30 Tage, und diesen folgten die *ἐπαγόμεναι*, fünf eingeschaltete Tage. Hieraus entstand ein sogenanntes bewegliches Jahr (da sein Anfang alle Jahreszeiten durchlief) von 365 Tagen. Der Anfang des Jahres wich demnach zurück, und man hatte in 1461 ägyptischen Jahren nur 1460 mal den Jahreszeitenwechsel durchgemacht. Diesen Unterschied musste man auch ohne künstliche Beobachtung schon nach einigen Menschenaltern bemerken, und er hat Gelegenheit zur sogenannten Hundssternperiode der Aegypter gegeben, welche 1460 Jahre umfasste und nach deren Ablauf die Sterne wie-

der an demselben Datum heliakisch aufgingen.*) Man hatte das Jahr, wo Sirius am 1. Thot zum erstenmale in der Morgendämmerung erschien, zum Anfang dieser Perode gemacht. Ein solcher Anfang fällt 1322 v. Chr.; ein zweiter 139 n. Chr. Der heliakische Anfang des Sirius war zugleich in den ältesten Zeiten das Signal der jährlichen grossen Ueberschwemmung, von welcher die Bestellung des Bodens und alle ländlichen Verrichtungen abhingen. Diese grosse Periode blieb noch in Gebrauch, selbst nachdem man das Sonnenjahr durch Einschaltung des Vierteltages verbessert hatte. Von geringerer Wichtigkeit und wahrscheinlich blos willkürlich eingeführt, waren zwei kürzere Perioden, der Apiskreis (25 J.) und die Phönixperiode (500 Jahre).

Bei den Griechen scheint die Eintheilung des Tages in seine einzelnen Theile anfangs sehr schwankend gewesen zu sein. Man bestimmte die Tageszeit nothdürftig durch Schattenlängen, d. h. durch die Zahl der Fusse, mit welcher ein Mensch die Länge seines eignen Schattens abmessen konnte. So ladet bei Aristophanes ein Athener seine Freunde auf die Zeit des zehnfüssigen Schattens ein. Später wurden Sonnenuhren eingeführt. — Eben so unbestimmt und ungenügend war die anfängliche Jahreseintheilung. Bei Hesiodus wird eine Ernte- und Pflügezeit unterschieden; die erste beginnt mit dem heliakischen Anfange der Plejaden, die letztere mit ihrem kosmischen Untergange. (800 Jahre v. Chr. und unter dem Parallel von 38° erfolgten diese Himmelserscheinungen an Tagen, welche unserm 11. Mai und 26. October des gregorianischen Kalenders entsprechen.) — Allmählich kam etwas unsrer jetzigen Jahreszeiteintheilung Analoges in Gebrauch; doch der Herbst in heutiger Bedeutung nicht früher als beim Hippokrates. Die Anfänge des Jahreszeiten aber knüpfte man stets an die heliakischen Auf- und Untergänge der Sterne, und erst später an die Nachtgleichen und Sonnenwenden.

§. 288.

Die Jahre der Griechen waren Mondjahre oder ge-

*) Die Alten nannten heliakischen Aufgang eines Sterns sein erstes Erscheinen in der Morgendämmerung (nachdem er einige Monate in den Sonnenstrahlen unsichtbar gewesen war); heliakischen Untergang sein letztes Verschwinden in der Abenddämmerung. Der kosmische Untergang war der erste sichtbare Untergang während der Morgendämmerung, und der akronysche Aufgang der letzte sichtbare Aufgang während der Abenddämmerung.

bundene, d. h. solche, welche man durch Einschaltungen mit dem Sonnenjahre in Uebereinstimmung zu bringen gesucht hatte. Anfangs liess man den Monat überall mit dem ersten Erscheinen der Mondsichel beginnen. Wenn aber dieser Anfang durch jedesmalige Beobachtung ermittelt werden sollte, so konnte es nicht fehlen, dass er an verschiednen Orten auch zu verschiednen Zeiten, d. h. einen Abend früher oder später, wahrgenommen ward, wozu noch kam, dass bei trüber Witterung die Beobachtung ganz ausfallen konnte. Eine allgemeine und übereinstimmende Regulirung der Feste, Versammlungen u. dgl. war unter solchen Umständen nicht wohl möglich, und es mussten cyclische Bestimmungen eintreten. Zuerst ward angeordnet, dass, wenn wegen trüber Witterung die erste Mondsichel verfehlt ward, man stets mit 30 Tagen aufhören und den 31sten zum ersten Tage des neuen Monats machen solle. Später liess man nach bestimmten Folgereihen volle Monate (zu 30) und hohle (zu 29) mit einander abwechseln. Ein Paar solcher Monate (59 Tage) war um 1½ Stunden kürzer als zwei mittlere Mondperioden.

Um eine Uebereinstimmung mit dem Sonnenjahre zu erhalten, schaltete man Monate ein. Die von *Geminus* und *Censorinus* erwähnte Trieteris, wo ein Jahr um's andre ein Monat eingeschaltet ward, kann wegen ihres bedeutenden Fehlers nicht lange bestanden haben. Man wählte deshalb eine achtjährige Periode, und schaltete im zweiten, fünften und achten Jahre jedesmal einen Monat ein. Der Fehler betrug in 8 Jahren 1½ Tag, musste sich also schon im Laufe eines Menschenalters auch bei der rohesten Beobachtung merklich machen. Endlich (430 vor Chr.) kam man auf die 19jährige Periode, für den bürgerlichen Gebrauch gewiss die beste, wenn man einmal die Mondmonate und Mondjahre festhalten will.

Da nämlich der synodische Umlauf des Mondes 29 Tage 12 St. 44′ 2″,8 beträgt, so kommen auf 12 dieser Perioden 354 Tage 8 St. 48′ 33″,6, mithin 10 Tage 21 St. 0′ 11″ zu wenig im Vergleich zum Sonnenjahre. Nach Verlauf von 19 Jahren sind diese zu 206 T. 15 St. 3′ 29″ angewachsen, welche sehr nahe mit 7 Mondmonaten (206 T. 17 St. 8′ 20″) übereinkommen. Dies führte darauf, innerhalb 19 Jahren 7 Monate einzuschalten, so dass 12 derselben zu 12 Monaten und 7 zu 13 Monaten gerechnet wurden. Der Fehler betrug, wie man sieht, nach 19 Jahren etwa 2 Stunden, und also erst in etwa 2 Jahrhunderten einen Tag.

Meton führte zuerst diese Einschaltung ein, und alle Völker, welche nach Mondjahren zählen, haben sie, wiewohl unter verschiedenen Formen, angenommen. Die 19jährige Periode empfahl sich noch ausserdem durch die nahe gleiche Wiederkehr der Finsternisse, sowohl der Sonne als des Mondes. Da nämlich nicht allein die Voll- und Neumonde beiläufig auf dieselben Tage des Sonnenjahres wie vor 19 Jahren einfallen, sondern auch der Umlauf der Mondsknoten nach 18 Jahren 228 Tagen, also ohngefähr 19 Jahren, vollendet ist, so wird der Mond sowohl in Länge als Breite alle 19 Jahre nahezu denselben Lauf nehmen, folglich auch dieselben Finsternisse folgen lassen.

Die 7 Schaltjahre in diesem Cyclus waren das 3., 5., 8., 11., 13., 16. und 19te. Nach *Ideler's* Zusammenstellung hatte *Meton's* Kalender folgende Gestalt:

Monate.	Jahre des Cyclus.																		
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.
Hekatombaeon	30	29	30	30	30	30	29	30	30	30	29	29	30	30	30	29	29	30	30
Metagitnion	30	30	29	29	30	29	30	29	29	29	30	30	29	29	29	30	30	29	29
Boëdromion	29	29	30	30	29	30	29	30	30	30	29	29	30	30	30	29	29	30	30
Pyanepsion	30	30	29	29	30	30	30	29	29	30	30	30	29	29	29	30	30	29	30
Mämakterion	29	29	30	30	29	29	29	30	30	29	29	29	30	30	30	29	29	30	29
Poseideon	30	30	29	29	30	30	30	29	29	30	30	30	29	29	30	30	30	29	30
Schaltmonat Poseideon II.			30		29			30			30		30			29			29
Gamelion	29	30	29	30	30	29	29	29	30	29	29	29	29	30	29	30	29	30	30
Anthesterion	30	29	30	29	29	30	30	30	29	30	30	30	30	29	30	30	30	29	29
Elaphebolion	29	30	30	30	30	29	30	29	30	29	29	29	29	30	29	29	29	30	30
Munychion	30	29	29	29	29	30	29	30	29	30	30	30	30	29	30	30	30	29	29
Thargelion	29	30	30	30	30	29	30	30	30	29	29	30	29	30	29	29	29	30	30
Skirophorion	30	29	29	29	29	30	29	29	29	30	30	29	30	29	30	30	30	29	29
Tage des Jahres	355	354	384	354	384	355	354	384	354	355	384	354	384	354	355	384	354	354	384

Die ganze Periode 19 Jahre = 234 Monate = 6940 Tage.

Die Meton'sche Periode war etwas zu lang, da in 19 Jahren 19 × 365 + 5 Tage enthalten waren, etwas über ¼ Tag zu viel; *Calippus*, ein Zeitgenosse des *Aristoteles*, verbesserte sie dadurch, dass er eine 76jährige einführte, aus 4 Meton'schen Perioden weniger 1 Tag bestehend, wodurch die mittlere Länge des Jahres auf 365¼ Tage, genau wie in der Julianischen Periode, festgestellt wurde. Etwa 300 Jahre v. Chr. ward diese Rechnung eingeführt. Eine von *Hipparch* vorgeschlagene abermalige Verbesserung der Calippus'schen Periode, um sie mit dem wahren Sonnenjahr (365 T. 5 St. 55 Min. nach *Hipparch*) in Uebereinstimmung zu bringen, scheint wenig Beachtung gefunden zu haben; sie ist wenigstens nie eingeführt und auch bei der Kalenderverbesserung *Julius Caesar's* nicht benutzt worden. Auch würde sie ihren Zweck nur unvollkommen erreicht haben, da *Hipparch's* Jahr um 7 Minuten zu lang ist.

Die bekannte vierjährige Periode (Olympiade) diente blos zur bequemeren Zählung der Jahre und zur Erinnerung an jene alle 4 Jahre gefeierten Feste; denn zur Ausgleichung des Mond- und Sonnenjahres kann eine 4jährige Periode nie gedient haben, da der Fehler in ihr der grösstmöglichste ist und fast einen halben Monat beträgt.

Dass die den Griechen benachbarten und sprachverwandten Völker, namentlich Macedonier und Kleinasiaten sich nach ihrem Kalender gerichtet, und nur die Monate anders benannt haben, scheint ausser Zweifel.

§. 289.

Die Zeitrechnung der Hebräer*) könnte allerdings, wenn man 1. Mos. 7. und 8. zu Grunde legen wollte, bis in die Zeiten der grossen Fluthen hinauf nachgewiesen werden. Allein jenes noachische Jahr (von 12 Monaten, jeder zu 30 Tagen) scheint nach einer späteren Durchschnittsrechnung angeordnet zu sein, wie wir häufig auch bei andern Völkern eine solche ohngefähre Durchschnittsrechnung, die sich durch ihre bequemen Zahlen empfehlen musste, antreffen; ohne dass wir daraus schliessen dürfen, dies sei die Form ihres Kalenders gewesen. Denn 360 Tage bilden weder ein Mond- noch ein Sonnenjahr

*) Bei den meisten Schriftstellern des 16 und 17. Jahrhunderts wird ohne allen Nachweis angenommen, alle Weisheit der Welt stamme von den hebräischen Patriarchen her, und was sich bei andern Völkern finde, sei von jenen an diese mitgetheilt. Eine so gänzlich unhistorische Meinung zu widerlegen ist jetzt allerdings nicht mehr nöthig; allein sie dient zur Characterisirung jener Zeiten und der Art, wie man damals Wissenschaft trieb.

und weichen von beiden so stark ab, dass sich eine solche Periode schon nach wenigen Jahren als unbrauchbar zeigen musste. — Das Jahr der Juden war dem der Griechen sehr ähnlich. Es war und ist noch ein Mondjahr. Die Monate werden der Zahl nach unterschieden, doch scheinen sie auch Namen gehabt zu haben (die jetzigen jüdischen Monatsnamen sind erst nach dem babylonischen Exil entstanden). Im ersten Buch der Könige werden der Siro (2ter), Ethanim, (7ter) und Bul (8ter) genannt. Mit dem Neumonde (d. h. der ersten sichtbaren Mondsichel) begann der Monat. Ob und welche Einschaltungen in den ältern Zeiten gemacht wurden, ist unbekannt; die 50jährige Jubelperiode konnte in keiner Weise dienen, das Mondjahr mit dem Sonnenjahre auszugleichen. Da jedoch die Feste an bestimmte Tage geknüpft und zugleich an die Jahreszeiten gebunden waren, so muss man sich auf irgend eine Weise, wenn gleich unvollkommen, geholfen haben.

Bestimmtere Nachrichten besitzen wir über die Zeit nach dem Exile. Die Monate blieben noch schwankend und der Anfang ward durch direkte Beobachtung bestimmt, und da diese theils nicht immer möglich war, theils in verschiedenen Provinzen verschieden ausfallen konnte, so wurden für solche Fälle besondre Verordnungen gegeben. Die Hauptfeste wurden zwei Tage hindurch gefeiert, damit bei entstehender Verschiedenheit des Monatsanfanges wenigstens einer von beiden Tagen überall Festtag sei. — Die Tage wurden in Stunden getheilt, nicht aber die Nächte, diese zerfielen in 3, später in 4 Nachtwachen. Da man dem Tage, gleichviel ob kurz oder lang, 12 Stunden gab, so scheint es, dass diese nicht in allen Jahreszeiten von gleicher Länge waren.

Nach der Zerstörung Jerusalems endlich bildete sich die jetzige Zeitrechnung der Juden aus, die höchst verwickelt ist. Der Meton'sche 19jährige Cyclus liegt im Allgemeinen zum Grunde, allein eine Menge von besondern Ceremonial-Bestimmungen kommen hinzu. So darf das Jahr nie an einem Sonntag, Mittwoch oder Freitag anfangen und ein streng zu feiernder Festtag nie unmittelbar vor oder nach dem Sabbath. Es entstehen dadurch sechs verschiedene Jahreslängen, nämlich abgekürzte, ordentliche und überzählige Gemeinjahre; und abgekürzte, ordentliche und überzählige Schaltjahre; von 353, 354, 355, 383, 384, 385 Tagen. Den Tag theilen die Juden, übereinstimmend mit uns, aber anfangend vom Abend, in 24 Stunden, die Stunde in 1080 Chlakim, und den Chlak in 76 Regaim.

Die mittlere Dauer des jüdischen Monats ist auf 29 Tage 12 St. 793 Chlakim (29 T. 12 St. 44′ 3″,33 ...) festgesetzt;

gegenwärtig 1/2 Sekunde mehr als der mittlere Mondsumlauf; aber genau gleich dem von *Hipparch* bestimmten von dem er also wohl entlehnt ist. Schaltjahre sind im 19jährigen Cyclus das 3., 6., 8., 11., 14., 17., 19te; etwas abweichend von *Meton's* Canon. — Es wird nun der Maled Tisri (Anfang des Jahres) nach dem angegebenen mittleren Monat genau bis auf den letzten Chlak berechnet. Fällt er über die 18te Stunde (den Mittag) eines Tages hinaus, so darf Neujahr erst mit dem folgenden Tage anfangen. Eine zweite Verschiebung kann eintreten, wenn der solchergestalt bestimmte Jahresanfang auf einen der oben bemerkten drei verbotenen Tage fiele. Noch andre künstliche Bestimmungen finden statt, besonders wegen der Jahresanfänge der auf ein Schaltjahr folgenden Gemeinjahre.

Die Monate eines ordentlichen Gemeinjahres sind:

Tisri	30	T.
Marchesvan	29	„
Kislev	30	„
Tebeth	29	„
Schebat	30	„
Adar	29	„
Nisan	30	„
Ijar	29	„
Sivan	30	„
Thamus	29	„
Ab	30	„
Elul	29	„

Im Schaltjahre hat Adar 30 und der eingeschaltete Veadar 29 Tage. In den überzähligen Jahren hat Marchesvan 30, und in den abgekürzten Kislev 29 Tage.

Da übrigens die Juden unter allen Völkern zerstreut leben, so ist es natürlich, dass sie sich für den öffentlichen Verkehr und die bürgerlichen Geschäfte überhaupt nach dem Kalender derselben richten, und dass ihr eigner ihnen nur dient, die Feste zu berechnen. Hat man den Jahresanfang bestimmt, so hat es keine Schwierigkeit, das Osterfest (und alle übrigen) zu bestimmen; Ostern fällt unveränderlich auf den 15. Nisan.

Mit unserm gregorianischen Kalender verglichen, schwankt der jüdische Jahresanfang zwischen dem 6. September und 7. October.

§. 290.

Die Römer scheinen in frühern Zeiten die Eintheilungen

des Tages und der Nacht nur an einer Schätzung des Standes der Sonne u. s. w. bestimmt zu haben. Im 5ten Jahrhundert der Stadt kamen zuerst Sonnen-, und später auch Wasser-Uhren vor. Zwölf Stunden rechnete man vom Sonnen-Auf bis Untergang, sie waren folglich sehr ungleicher Länge. Man hatte Tafeln, um aus der Länge des Schattens in jeder Jahreszeit die Stunde zu erkennen.

Aus den nicht sehr übereinstimmenden Angaben der alten Schriftsteller scheint hervorzugehen, dass das älteste römische Jahr aus 10 Monaten, mit dem März anfangend, bestand, und 304 Tage enthielt. Der erste, dritte, fünfte und achte Monat hatten 31, die übrigen 30 Tage. Die Zeit des Winters, wo die Natur ruhte, scheint man anfangs gar nicht beachtet zu haben, und wenn man sie auch später als Januar und Februar mitnahm, so weiss man doch nicht gewiss, wie lang diese waren, noch findet man irgendwo eine Einschaltungsregel angegeben, um die Uebereinstimmung mit dem Himmel herzustellen.

Immer blieb es sehr unbequem, nach so ungleichen und veränderlichen Jahren zu zählen, und die Zeitrechnung musste den Priestern überlassen werden, die sich, wie im alten Rom sehr häufig geschah, mit den Machthabern verständigten und die Jahre bald länger bald kürzer machten, um einen Consul länger im Amte zu erhalten oder einen neugewählten früher eintreten zu lassen. Der Unordnung, die besonders seit den Bürgerkriegen in dieser Beziehung eingerissen war, suchte *Julius Caesar* zu steuern. Nicht weniger als 67 vergessene Tage mussten in einem Jahre eingeschaltet werden. Dies lange Jahr ist A. U. C. 708; es heisst bei den alten Schriftstellern das Jahr der Verwirrung und hatte 445 auf 15 Monate vertheilte Tage. Der ägyptische Mathematiker *Sosigenes*, den er dabei zu Rathe zog, schlug vor, den Mond gänzlich aus dem Spiele zu lassen und den Lauf der Sonne ausschliesslich zur Normirung des Jahres zu benutzen. Für die Länge des Sonnenjahres setzte er 365 Tage 6 Stunden, wohl nur der Einfachheit wegen, denn wahrscheinlich kannte man damals die Länge des Jahres schon genauer, allein man hielt es für hinreichend scharf, ganze Stunden zu zählen.

Nach dieser unter dem Namen des Julianischen Kalenders bekannten Einrichtung hat das Jahr 365 Tage, jedes 4te dagegen 366 Tage, so dass nach dem 23. Februar ein Tag eingeschaltet wird. Der Fehler eines mittleren Jahres beträgt also hier 11 Minuten 15 Sekunden, welche nach 128 Jahren zu einem ganzen Tage angewachsen sind und folglich im Laufe der Jahrhunderte dahin führen müssen, die Monate in andre

Jahreszeiten fallen zu lassen. Nach 10000 Jahren z. B. wird bei denjenigen Völkern der nördlichen Halbkugel, die alsdann noch den julianischen Kalender beibehalten haben, October der kälteste und April der wärmste Monat der Jahres sein.

Gleich Anfangs beging man indess einen Fehler, indem man den „quartus annus“ so deutete, dass man das 1ste, 4te, 7te u. s. w. Jahr zum Schaltjahre machte. Erst nach 40 Jahren bemerkte man den Missverstand und corrigirte das Jahr auf's Neue. Von da ab sind stets 3 gewöhnliche Jahre und ein Schaltjahr auf einander gefolgt. — Das erste Jahr der neuen Einrichtung war 709 A U. C. — 44 vor Christus.

Die Monate der alten Römer waren ursprünglich folgende:

1. Martius
2. Aprilis
3. Majus
4. Junius
5. Quintilis
6. Sextilis
7. September
8. October
9. November
10. December

Numa fügte noch 11. Januarius
und 12. Februarius

hinzu, die man früher, als in die Mitte des Winters fallend, nicht weiter beachtet zu haben scheint; doch blieb der Anfang des Jahres beim 1. März, wo der neugewählte Consul sein Amt antrat und sofort in's Feld rückte. Als später die Herrschaft der Römer sich über die Grenzen Italiens hinaus erstreckte und die Statsverwaltung zusammengesetzter wurde, fand man, dass die neuen Consuln zu spät bei den Armeen eintrafen; um nun dies zu vermeiden, ward ihr Amtsantritt auf den 1. Januar gesetzt. Dies hat Veranlassung gegeben, dass der Jahresanfang bei allen Völkern, die den julianischen Kalender annahmen, noch heute auf den 1. Januar fällt. Der Quintilis und Sextilis vertauschten später ihre Namen, um das Andenken *Caesars* und *Octavianus'* zu verewigen, wurden sie zum Julius und Augustus; die 4 letzten Monate September bis December behielten die ihrigen, obgleich sie jetzt eigentlich unpassend geworden waren. Die Wochen (Nundinae)" der Römer hatten einen Tag mehr als die unsrigen.

§. 291.

Gleichwohl sind sowohl die ältern als neuern Zeiten die verschiedensten Zeitpunkte zum Anfange des Jahres gewählt worden. In der katholischen Kirche war es lange Zeit hindurch der Ostersonntag. In England und an einigen Orten Italiens rechnete man noch im 18. Jahrhundert vom Frühlingsäquinoctium an; andre Völker vom Herbstäquinoctium, oder, wie die Juden, von dem Neumonde, welcher diesem Aequinoctium zunächst liegt. Das Kirchenjahr fängt mit dem 1. December an, und da dieser Zeitpunkt in meteorologischer Beziehung zugleich den natürlichsten Anfang des Winters bildet, so wählt man ihn für solche Uebersichten ebenfalls gern.

Nach *Julius Caesar's* Kalenderverbesserung sollte das Frühlingsäquinoctium auf den 21. März fallen. Zur Zeit der Nicänischen Kirchenversammlung 325 nach Chr. corrigirte man die 3 Tage Abweichung, welche sich bis dahin gezeigt hatten, allein ohne die Quelle des Fehlers zu beseitigen, weshalb er immer wiederkehrte. Im Jahre 1582 unter dem Pontificat *Gregor's* XIII. ging der Fehler abermals auf 10 Tage, so dass das Frühlingsäquinoctium auf den 11. März fiel, wie es nach der Bemerkung im vorigen §. nicht anders sein konnte. Deshalb veranstaltete dieser Papst eine Verbesserung der alten julianischen Jahresrechnung. Er verordnete:

1. Nach dem 4. October 1582 sollen 10 Tage weggelassen und folglich der 15. gezählt werden.
2. Die Schaltjahre sollen zwar wie bisher in jedem 4ten Jahre stattfinden, allein in den Säcularjahren sollen sie wegfallen, wenn nicht die ganzen Hunderte durch 4 theilbar sind.

   Hiernach war also 1600 ein Schaltjahr, 1700, 1800 und 1900 gemeine Jahre und 2000 erst wieder ein Schaltjahr, wodurch dem Fehler, der in 128 Jahren 1 Tag betragen hatte, so weit abgeholfen ward, dass er erst nach 3200 Jahren einen Tag beträgt. Denn es haben nach dieser Bestimmung 400 Jahre 97 Schalttage, folglich:

   $$400 \times 365 + 97 = 146097 \text{ Tage.}$$

   Da aber die mittlere Länge des tropischen Jahres 365 T. 5 St. 48 Min. 45 Sek. beträgt, so haben 400 tropische Jahre 146096 Tage 21 Stunden, mithin fehlen in 400 Jahren . . . . 3 Stunden.

   Die Rechnung ist nicht ganz genau, denn das mittlere

tropische Jahr ist etwas veränderlich, indess ist der Fehler so gering, dass es mehrere Jahrtausende Zeit hat, bis eine Verbesserung nöthig wird.

Die Veränderlichkeit des tropischen Jahres ist eine zweifache. Einerseits bewirken die periodischen Störungen der Planeten eine Veränderlichkeit des siderischen Jahres, die auf 15—20 Minuten der Dauer gehen kann, sich aber nie anhäuft, sondern nach kurzer Zeit wieder ausgleicht, die aber natürlich auch auf das tropische Jahr übergeht. Sekuläre Störungen des siderischen Jahres sind nicht vorhanden, dies behält stets die gleiche mittlere Länge. Allein die Vorrückung der Nachtgleichen ist nur in so weit constant, als sie von Sonne und Mond abhängt. Da nämlich ein, obwohl geringer, Theil dieser Vorrückung Wirkung der Planeten ist, deren Elemente selbst veränderlich sind, so giebt es sekuläre Veränderungen dieses Theils der Präcession, welche die mittlere Dauer des tropischen Jahres um etwa eine Minute ändern können. Im Jahre 3040 v. Chr. war das tropische Jahr am längsten, etwa ½ Min. länger als jetzt, wo es nur noch 2—3 Sekunden über seinem mittleren Werthe steht. Im Jahre 2360 n. Chr. wird es seine mittlere Länge von 365 T. 5 St. 48 Min. 44,6 Sekunden erreichen, und dann weiter bis zum Jahre 7600 n. Chr. abnehmen, wo es auf 365 T. 5 St. 48 Min. 9 Sek. herabsinkt. Das Summiren dieser Ungleichheiten durch so viele Jahre bewirkt, dass nie ein Kalendercyclus gefunden werden kann, der nicht endlich wenigstens um 1 bis 1½ Tage vom Himmel abwiche, nachdem er einige tausend Jahre damit übereinstimmte. — Die beste, d. h. am genauesten dem Himmel sich anschliessende Kalendereinrichtung würde durch Weglassen eines Schaltjahres nach je 128 Jahren erhalten werden, was genau ein Jahr von

265 T. 5. St. 48. Min. 45 Sek.

giebt. Vielleicht wäre die Einführung dieser Verbesserung, nach welcher es nie wieder einer neuen bedürfte, ein Mittel, auch die jetzt noch dissentirenden und nach dem julianischen Kalender zählenden Osteuropäer in Uebereinstimmung mit den übrigen Nationen zu bringen.

Noch verdient bemerkt zu werden, dass eine der gregorianischen sehr nahe kommende (oder eigentlich

noch etwas besser zustimmende) Kalendereinrichtung schon im 11. Jahrhundert vom *Omar Cheiam* in Persien gemacht worden ist. Er führte einen Cyclus von 33 Jahren ein, enthaltend 25 gemeine zu 365 und 8 Schaltjahre zu 366 Tagen, setzte also ein Jahr von 365 T. 5 St. 49 Min. $5^{5}/_{11}$ Sekunden voraus; $6^{6}/_{11}$ Sekunden richtiger als das gregorianische.

3. Ostern soll jedesmal an dem Sonntage, der auf den ersten Vollmond im Frühling folgt, gefeiert werden, und hiernach sollen sich alle beweglichen Feste des Jahres richten. Dies war schon von der Nicänischen Kirchenversammlung festgesetzt worden.

Dieser Kalender ward sofort in allen katholischen Staaten eingeführt; in den protestantischen blieb man noch über ein Jahrhundert hindurch bei dem julianischen, bis endlich, besonders durch *Leibnitz* und *Weigel's* Bemühungen im J. 1700 die protestantischen Stände in Deutschland, Holland, Dänemark, der Schweiz u. s. w. nach dem 18. Februar sogleich auf den 1. März zählten und damit dem gregorianischen Kalender sich anschlossen. Um ihn jedoch nicht ganz aufzunehmen (was den strengen Protestanten anstössig war, da die katholische Kirche diesen Kalender wie einen Glaubensartikel behandelt hatte), bestimmte man, dass der Ostervollmond nicht wie dort nach einer cyclischen Rechnung, sondern astronomisch genau bestimmt werden sollte. Ausserdem wurden viele Namen der Heiligen verändert. England nahm diesen Kalender erst im Jahre 1752 und Schweden 1753 an, Russland und Griechenland, so wie die morgenländischen Christen überhaupt, rechnen noch heute nach dem alten Kalender, wiewohl die Unbequemlichkeiten desselben in diesen Ländern längst gefühlt worden, und man dort häufig schon die Daten nach beiden Kalendern angiebt (z. B. $^{14}/_{26}$. April), auch in allen wissenschaftlichen Beziehungen ausschliesslich des neuen Kalenders sich bedient.

Der unerhebliche Unterschied in der Bestimmung des Osterfestes ist im J. 1777 durch Reichstagsbeschluss ebenfalls aufgehoben worden, und Ostern wird jetzt in der protestantischen Kirche, wie in der katholischen, cyclisch bestimmt.

§. 292.

Im gregorianischen Kalender hat man, um die einzelnen Jahre durch bestimmte Merkmale zu unterscheiden, drei Cyclen eingeführt. Der erste ist der Sonnenzirkel, eine Periode von 28 Jahren, nach deren Ablauf die Wochentage

wieder an den gleichen Monatstagen wiederkehren. Man addire 9 zur Jahreszahl und dividire die Summe durch 24, so giebt der Rest die Zahl des Sonnenzirkels. Im Jahre 1841 ist dieser Zirkel 2; 1839 war er 28, da die Division keinen Rest übrig liess. Diese Regel gilt jedoch (im gregor. Kalender) nur für das gegenwärtige Jahrhundert. Der Sonntagsbuchstab hängt mit diesem Zirkel zusammen; es ist derjenige Buchstab, welcher auf den ersten Sonntag des Jahres trifft, wenn man den 1. Januar mit A, den zweiten mit B. u. s. w. bezeichnet. Zählt man bis G fort und fängt dann wieder mit A an, so erhält jeder Sonntag des Jahres denselben Buchstaben. Da aber im Schaltjahre der 24. Februar keinen Buchstaben erhält, so wird es in einem solchen zwei Sonntagsbuchstaben geben, deren einer bis zum 24. Februar, der andere nachher gilt. So ist der Sonntagsbuchstab

1864 E bis zum 24. Febr., D nachher,
1865 C,
1866 B,
1867 A,
1868 G, und nach dem 24. Febr. F u. s. w.

Man findet im gegenwärtigen Jahrhundert den Sonntagsbuchstaben im julianischen Kalender, wenn man die seit 1800 verflossene und um ihren 4ten Theil (nur die ganze Zahl genommen) vermehrte Anzahl Jahre durch 7 theilt und den Rest von 5 oder 12, je nachdem es angeht, abzieht.

Im Schaltjahre findet man dadurch den zweiten (nach dem 24. Februar geltenden) Sonntagsbuchstaben. So für 1854:

1854 — 1800 = 54
+ 13
67 | 5
9 Rest 4. — 4
1 Sonntagsbuchstab A.

Der zweite Cyclus ist der Mondzirkel, eine Periode von 19 Jahren (s. oben). Das erste Jahr dieses Cyclus ist dasjenige, wo der Neumond am 1. Januar einfällt. Die Zahl, welche das Jahr, vom Anfang des Zirkels an gezählt, bezeichnet, heisst die goldne Zahl. Man addirt zur gegebenen Jahreszahl 1 und dividirt durch 19, so ist der Rest die goldne Zahl, und bleibt kein Rest, so ist sie 19 selbst. So 1841 + 1 = 1842; dies durch 19 dividirt lässt 18 zum Rest, also ist 18 die goldne Zahl für 1841. Von einem astronomisch genauen

Zutreffen der Neumonde auf die durch diesen Cyclus bestimmten Tage kann natürlich nicht die Rede sein.

Der dritte Cyclus, ohne alle astronomische Bedeutung und rein willkürlich eingeführt, ist die sogenannte Römer Zinszahl, deren Periode 15 Jahre beträgt. Man vermehrt die Jahreszahl um 3 und dividirt mit 15, so ist der Rest die Römer Zinszahl, und 15 selber, wenn kein Rest bleibt.

Die Berechnung des Osterfestes im julianischen Kalender gründet sich auf folgende Tafel:

Goldene Zahl.	Ostervollmond.
1.	5. April D
2.	25. März G
3.	13. April E
4.	2. April A
5.	22. März D
6.	10. April B
7.	30. März E
8.	18. April C
9.	7. April F
10.	27. März B
11.	15. April G
12.	4. April C
13.	24. März F
14.	12. April D
15.	1. April G
16.	21. März C
17.	9. April A
18.	29. März D
19.	17. April B.

Da der hierauf folgende Sonntag der Ostertag ist, so genügt es, den Sonntagsbuchstaben zu kennen, um Ostern richtig zu bestimmen.

Da im julianischen Kalender die Nachtgleichen in 128, die Neumonde aber in 310 Jahren um einen Tag gegen den Cyclus zurückweichen, so bleibt das Osterfest nicht das, was es seiner ursprünglichen Bestimmung nach sein sollte. Es rückt nicht nur immer tiefer in's tropische Jahr hinein und dem Sommer entgegen, sondern auch auf einen immer späteren Tag des wirklichen Mondalters.

Im gregorianischen Kalender sind dafür die Epakten eingeführt, welche das Alter des Mondes (vom Neumond an gezählt) am 1. Januar jedes Jahres bezeichnen. Im gegen-

wärtigen Jahrhundert (und auch im 18.) gilt die folgende Epaktentafel:

Goldene Zahl.	Epakte.
1.	XXX.
2.	XI.
3.	XXII.
4.	III.
5.	XIV.
6.	XXV.
7.	VI.
8.	XVII.
9.	XXVIII.
10.	IX.
11.	XX.
12.	I.
13.	XII.
14.	XXIII.
15.	IV.
16.	XV.
17.	XXVI.
18.	VII.
19.	XVIII.

Im gregorianischen Kalender sollen nun in 400 Jahren 3 Schalttage ausfallen, und alle 300 Jahre eine Mondgleichung von 1 Tag eingeführt werden, nämlich 1800, 2100 u. s. f.; nur das achtemal sollen 400 Jahre ausfallen. Wird ein Schalttag ausgelassen, so weichen die Epakten um 1 zurück; tritt aber eine Mondgleichung ein, so rücken sie um 1 vorwärts. Im J. 1800 hob beides sich gegenseitig auf. 1900 werden die Epakten um 1 zurückweichen, und bleibt bis 2200 in Kraft.

Die für das gegenwärtige Jahrhundert aus der Epaktentafel (wenn man nämlich mit mittlern Lunationsperioden von 29½ T. fortzählt, und von da ab 13 Tage weiter bis zum Vollmond) folgende Tafel der Ostervollmonde ist nun diese

Goldene Zahl.	Ostervollmond.
1.	13. April E
2.	2. April A
3.	22. März D
4.	10. April B
5.	30. März E
6.	18. April C
7,	7. April F

Goldene Zahl.	Ostervollmond.
8.	27. März B
9.	15. April G
10.	4. April C
11.	24. März F
12.	12. April D
13.	1. April G
14.	21. März C
15.	9. April A
16.	29. März D
17.	17. April B
18.	6. April E
19.	26. März A,

und hieraus erhält man mit Zuziehung des Sonntagsbuchstaben, wie oben, den Ostertag.

§. 293.

Der Kalender der Türken enthält ein reines Mondjahr, wobei die Sonne gar nicht in Betracht kommt. Ihr Jahr hat 354 oder 355 Tage, ohne alle weitere Einschaltung. Natürlich fällt ihr Jahresanfang nach und nach in alle Jahreszeiten, und eben so auch die übrigen Feste. Die Monate sind:

Moharrem	30 Tage	
Safar	29 „	
Rebî el awwel	30 „	
Rebî el accher	29 „	
Dschemâdi el awwel	30 „	
Dschemâdi el accher	29 „	
Redscheb	30 „	
Schaban	29 „	
Ramadân	30 „	(Fasten-Monat).
Schewwâl	29 „	
Dsû'l-Kade	30 „	
Dsû'l-hedsche	29 „	(30)

Der 1. Moharrem 1258 ist gleich dem 12. Februar 1842.

§. 294.

Die Epochen (Anfangspunkte) der Zeitrechnungen sind verschieden. In der christlichen Kirche rechnet man allgemein nach der Geburt Christi, d. h. nach dem Jahre, welches *Dionysius Exiguus* im Anfange des 6. Jahrhunderts dafür setzte, als er vom Papste den Auftrag erhielt, eine christliche Zeit-

rechnung auszuarbeiten. Im altrömischen Reiche hatte man allgemein nach Jahren der Erbauung Roms gerechnet und nur der Untergang desselben scheint auf die Idee geführt zu haben, eine christliche Zeitrechnung einzuführen. Ob *Dionysius* das Jahr richtig bestimmt habe, ist mehr als zweifelhaft; man kann mit ziemlicher Gewissheit annehmen, dass unsre Rechnung um 6–7 Jahre zu kurz ist und dass im Anfang Septembers 1847 in der Wirklichkeit 1853 Jahre seit der Geburt des Heilandes verflossen sind.*)

Noch viel unglücklicher sind die Versuche ausgefallen, die Erschaffung der Welt (richtiger: den Anfang unsers Geschlechts) zur Epoche zu machen. Während z. B. die Juden nur 3761 Jahre bis zum Anfange der christlichen Zeitrechnung zählen, setzen andre Chronologen mit *Petavius* 3984 Jahre, so dass 1861 n. C. = 5845 wäre, und die neuern Griechen setzen gar 5508 Jahre bis zum Anfang unsrer Zählung, machen also 1861 n. C. = 7369. Die gänzliche Unmöglichkeit, hier zu entscheiden, ist längst anerkannt und der Versuch vollständig aufgegeben; es ist also, wenn man einmal nach „Weltjahren" rechnen will, ziemlich gleich, von wo man ausgeht.

Etwas zuverlässiger sind die Zeitrechnungen, welche die Erbauung einer Stadt, den Anfang einer Dynastie u. dgl. als Epoche setzen. Die Römer zählen von Erbauung Roms (A. U. C.), so dass 1861 n. Chr. = 2614 A. U. C. ist, doch liegt eine Ungewissheit in diesem Zeitpunkte. — Die alten Griechen zählten von Errichtung der olympischen Spiele, und ihre Zählung ist nur um 23 Jahre von der altrömischen verschieden, um welche Zeit sie früher beginnt. — Die Türken und die andern muhamedanischen Völker zählen von der Flucht Muhameds vom 16. Juli 622 unsrer Zeitrechnung an; sie müssten also 1861 ihr 1239stes Jahr anfangen, während sie schon das 1277ste haben: eine Folge der völligen Ausschliessung der Sonne aus ihrer Jahresrechnung. Ein Türke von 100 Jahren ist nach christlicher Rechnung erst 97 Jahre alt.

Neben dem hier erwähnten türkischen Kalender hat sich indessen nicht blos bei den zahlreichen christlichen Einwohnern des osmanischen Reichs, sondern auch bei den Muhamedanern selbst, der christlich- (julianische) Geltung verschafft, da ein

*) Nach Vergleichung aller Umstände scheint es, dass Christus im Anfange unsers Septembers geboren worden sei; wenigstens sicher nicht um Weihnachten, ein Fest, das ganz irrthümlicher Weise als der Geburtstag Christi angesehen wird.

Kalender der gänzlich von den natürlichen Jahreszeiten absieht, sich je länger je mehr als ungenügend darstellen muss, je mehr die Culturverhältnisse eines Volkes fortschreiten. Sollte daher auch eine 1844 veröffentlichte Verordnung des Sultans, den julianischen Kalender allgemein einzuführen, nicht sofort vollständig ausgeführt worden sein, so kann man dennoch mit Sicherheit annehmen, dass der türkische Kalender in Konstantinopel bald nur noch zur Berechnung der Feste des Islam und sonst nicht weiter in Anwendung kommen werde.

Die neuern Versuche Epochen einzuführen, z. B. die während der französischen Staatsumwälzung eingeführte Zählung vom Jahre der Republik (September 1792), gingen bald wieder unter; die angeführte Zeitrechnung währte nur 14 Jahre. Eine allgemeine Uebereinstimmung der Völker ist bei der jetzigen Sachlage schwer zu erwarten. Vielleicht datirt man einst vom Ende der Kriege auf der Erdkugel; bis dahin aber, dass dies geschehen kann, möge immerhin jedes Volk bei seiner bisherigen Zählung bleiben: denn so lange das, was dem einen Volke zum Ruhme gereicht, dem anderen als Demüthigung erscheinen muss, wird man sich vergebens nach einer Epoche umsehen, die eine wirklich allgemeine Einführung zu gewärtigen hätte.

Vierzehnter Abschnitt.

Geschichtlicher Ueberblick.

Wenn wir uns die Frage vorlegen, an welchen Punkten unsers Erdkörpers die wissenschaftliche Cultur am frühesten begonnen habe, so treffen wir auf 4 weit von einander entlegene Lokalitäten: das mittlere China, Bengalen, Babylon und Unter-Egypten. An den drei ersten Punkten gewahren wir grosse Zwillingsströme vereinigt dem Meere zueilen: Hoangho und Yantsekiang, Ganges und Buremputer, Euphrat und Tigris; an letzterem das Nil-Delta, das einem einzigen Strome seine Entstehung dankt. Offenbar hat die grosse Fruchtbarkeit diese Lokalitäten besonders begünstigt; in ihnen ward es dem Menschengeschlecht leichter die Bedürfnisse seines physischen Daseins sich zu verschaffen, und es gewann Zeit für die geistigen Arbeiten, zumal sich früh genug der innige Zusammenhang herausstellte, der das Geistige mit dem Körperlichen verband und eins durch das andre förderte.

Nicht allein besitzen wir keine Nachricht über noch andre früheste Mittelpunkte der Kultur, sondern eine geographische Ueberschau der Erdoberfläche lässt uns nirgend Lokalitäten finden, die klimatisch wie topographisch sich einer gleichen Begünstigung als die vier oben genannten zu erfreuen hatten. Das Mündungsgebiet des Missisippi wie die der grossen Zwillingsströme Südamerika's sind wohl überhaupt neueren Ursprungs, wenigstens was ihre gegenwärtige Gestalt betrifft; sie waren überhaupt auch klimatisch weniger geeignet für das Wohlbehagen, was in der alten Welt (die auch wohl mit vollem Rechte so heisst) möglich war.

Nichts spricht für einen frühen Zusammenhang jener alten Culturvölker. Sie wissen nichts von einander, ihre Sprachen sind grundverschieden, wie nicht minder alle ihre Einrichtungen und Gewohnheiten, ihr Staatswesen, ihr Cultus und selbst ihre Gesichtsbildung. Jedes von ihnen behauptet, ursprünglich in diesem Lande gewohnt zu haben, jedes nennt sich das älteste aller Völker. Wir untersuchen hier nicht, wieviel von den Hunderttausenden und Millionen von Jahren, die sie bean-

sprochen; auf Wahrheit beruhe und wieviel der Dichtung zuzuschreiben sei. Viel zu viel Scharfsinn, Zeit und Mühe ist bereits aufgewandt worden das Alter des Menschengeschlechts zu bestimmen, um schliesslich auszumachen dass hier sich nichts ausmachen lasse.

Das Gesetzliche und Geregelte in der Wiederkehr der Jahres- und Tageszeiten musste schon den frühesten vernünftigen Erdbewohnern sich bemerklich machen und eine, darauf basirte Zeitrechnung sich als nothwendig darstellen. Ueberall sehen wir also, dass man damit den Anfang macht, überall aber auch noch andre Zeitmaasse, grössere wie kleinere, neben diesen Gebrauch.

Es gab eine Zeit, wo derjenige für einen Ketzer gegolten hätte, der nicht alle Weissheit und alle Wissenschaft von Adam und den andern alten Patriarchen der Hebräer hergeleitet hätte. Diese sollten ihr Wissen, oder vielmehr nur einen Theil desselben, den andern Völkern, und namentlich deren Priestern, mitgetheilt haben, denn den „blinden Heiden" auch nur die allergeringste Entdeckung oder Erweiterung der Wissenschaft zuzuschreiben, konnte man nicht über sich gewinnen. Bis in das achtzehnte Jahrhundert hinein macht diese Unkritik sich breit; wir glauben nicht, so etwas jetzt noch ernstlich widerlegen zu müssen, gehen vielmehr zu einer nähern Betrachtung dessen über, was wir geschichtlich über die Leistungen jener alten Völker wissen.

Astronomie der Chinesen.

Ungeachtet des von einem tyrannischen Beherrscher, Schi-hoang-ti, anbefohlnen allgemeinen Bücherbrandes, hat sich dennoch Vieles in unsre Zeiten hinübergerettet, oder ist durch diejenigen, welche jene alten Werke auswendig wussten (kein Volk der Erde lernt so viel und mit solcher Leichtigkeit auswendig als die Chinesen) wiederhergestellt worden. Durch *Gaubil* und andre Jesuiten, die vom 16. bis 18. Jahrhundert in China als Himmelsforscher thätig waren, sind wir mit vielen dieser Werke bekannt geworden und wäre Alles bekannt und in neuere Sprachen übersetzt, so würde unzweifelhaft vieles jetzt noch Räthselhafte aufgehellt werden.

Von den ältesten Zeiten her war in China die Astronomie eine Staatsangelegenheit. Den Kaisern, vor allem dem hochgepriesenen *Yao*, der 100 Jahre regierte, werden stets die Einrichtungen zugeschrieben, welche sich auf Beobachtung und Berechnung der Himmelsbegebenheiten beziehen, und so streng hielt man auf Richtigkeit, dass einst zwei Astronomen mit dem Tode bestraft wurden, weil sie eine Sonnenfinsterniss nicht

vorhergesagt hatten. Diese älteste Finsterniss, von der uns Nachrichten vorliegen, fand nach der Rückwärtsberechnung europäischer Astronomen Statt 2128 v. Chr. am 13. October um 12 Uhr 8 Min. 47 Sek. im Meridian von Tay-King-Kiao unter + 34° 7′ Breite und 141° östlicher Länge. Andere chinesische Beobachtungen datiren seit 2500 v. Chr., und bereits 2900 v. Chr. soll *Fo-hi* die erste „Untersuchung der Sterne“ angeordnet haben. Der erste in China beobachtete Komet kommt unter *Yao* 2296 v. Chr. vor; und weiterhin namentlich von 1700 v. Chr. werden die Nachrichten über Kometen allmählich häufiger, und man muss es den Chinesen nachrühmen, dass sie uns mit den Abentheuerlichkeiten, Wundergeschichten und Unglücksprophezeihungen, von denen die europäischen ältern Berichte strotzen, meistens verschonen. Sehr früh wurden dort Polhöhen einzelner Erdorte am Himmel bestimmt. Man bediente sich dazu eines Gnomons, dessen Schatten am längsten und kürzesten Tage gemessen wurde, wobei sich gleichzeitig die Schiefe der Ekliptik ergab. Ein grosser Sternschnuppenfall wird 1768 v. Chr. erwähnt, und die neuen Sterne, die zu den seltensten Himmelsbegebenheiten gehören, kommen in China früher als anderwärts vor; wiewol sich nicht immer entscheiden lässt, ob ein Komet, eine dem Tychonischen Stern ähnliche Erscheinung, oder ein Metoor gemeint ist.

Wir finden die Einrichtungen zur Himmelsforschung von Zeit zu Zeit neu geordnet, die Perioden berichtigt und verbessert. Es werden einzelne Astronomen namhaft gemacht, welche mit diesen Verbesserungen beauftragt wurden; wir sehen aber auch, dass sie nicht immer glücklich waren.

Sie hatten Perioden von 60 Jahren und andre von 60 Tagen; jedes Jahr und jeder Tag in diesem Cyclus führt seinen besonderen Namen. Das Himmelsgewölbe theilten sie nach der Rectascension in 28 „Häuser“ von sehr verschiedener Erstreckung; die Declinations-Unterschiede scheinen sie nicht besonders beobachtet zu haben.

Unter den schwachen Dynastien der *Han* und *Song*, mehr noch unter der mongolischen Fremdherrschaft im 14. Jahrhundert gerieth die chinesische Astronomie in immer tiefern Verfall, ja fast in Vergessenheit, und die Miegdynastie, eine Reihe von 16 meist würdiger und kräftiger Regenten, versuchte vergebens deren Wiederbelegung. Diese gelang erst den Jesuiten, die sich bald nach Stiftung jenes Ordens in China einbürgerten. Von ihrem Wirken wird weiterhin die Rede sein.

Astronomie der Hindu.

Im Delta des Ganges, dem fruchtbarsten aller Erdenländer,

entstand in sehr früher Zeit die indische Himmelskunde, von der wir jedoch noch weniger als von der chinesischen wissen, da noch sehr viele uns erhaltene Sanscrit-Manuscripte des Uebersetzers und Bearbeiters harren. Aus den Bewegungen, welche ihre Annalen dem Jupiter und Saturn zuschreiben (für Jupiter 30° 20′ 42″, für Saturn 12° 13′ 14″ jährl.) folgert *Laplace*, dass diese Bestimmung dem Jahre 3012 v. Chr. angehören müsse; und auch noch andre Daten sprechen für ein sehr hohes Alter. Einige neuere Schriftsteller haben angenommen, die Inder hätten ihre Himmelskunde den Chinesen entlehnt. Allein nur die Zahl der Himmelshäuser (28) stimmt bei beiden Völkern überein; alles Uebrige ist so grundverschieden, dass ein gleicher Ursprung nicht wohl angenommen werden kann. Auch führen sie bei den Hindu den Namen „Mondhäuser“, haben alle dieselbe Ausdehnung und werden ganz anders angewandt als in China.

Sie besitzen alte, sämmtlich in Versen abgefasste Regeln zur Berechnung der Himmelsbegebenheiten, namentlich der Mond- und Sonnenfinsternisse. Major *Rennel* hat den Versuch gemacht, nach diesen Regeln eine Fisterniss neuerer Zeit zu berechnen. Die Arbeit ist ohne allen Vergleich verwickelter und schwieriger als nach unsern Tafeln, und das Resultat weniger genau, aber gleichwohl hinreichend scharf um die theoretische Richtigkeit der alten Regeln zu beweisen. Aehnliche Versregeln hatten sie für die unendlichen Reihen der Analysis und andre mathematische Ausdrücke.

Zwar gelangten *Alexander M.* und *Selenous* nach Indien, eine nähere Kenntniss der wissenschaftlichen Leistungen ward jedoch damals nicht erlangt; erst die Auffindung des Seeweges hat uns mit diesen näher bekannt gemacht. — Den Hindus gehört eine der wichtigsten Entdeckungen an: im 8. Jahrhundert unsrer Zeitrechnung ward dort das Decimalsystem der Zahlen mit consequent durchgeführtem Stellenwerth entwickelt. Diese indischen Zahlen gelangten zu den Arabern, und erst durch diese im 14. und 15. Jahrhundert zu den Europäern, daher die Benennung arabische Zahlen im Gegensatz zu den früher allgemein angewandten römischen.

Astronomie der Babylonier (Chaldäer).

Im alten Babylon war die Himmelsforschung das Geschäft einer Priesterkaste, die durch beharrliche Beobachtungen sich empirische Regeln abstrahirt hatte und dadurch in den Stand gesetzt war, einzelne Phänomene, insbesondere Finsternisse, im Voraus zu bestimmen. Es fehlt nicht an Erzählungen der alten Schriftsteller über die hohe Wissenschaft der Babylonier; aber

die handgreiflichen Uebertreibungen, welche jene Autoren sich zu Schulden kommen lassen, muss gegen das Ganze des Berichts misstrauisch machen. Besser verbürgt ist, was die Chaldäer *Alexander* dem Macedonier mittheilten, nämlich, dass bei ihnen schon 1913 Jahr lang vor seiner Ankunft der Himmel betrachtet worden sei. Die Zahl der gleichzeitig als beobachtet angegebenen Sonnen- und Mondfinsternisse stimmt gut mit diesem Zeitraum überein, und so wird das Ganze viel glaubwürdiger als jene 432000 Jahre, die ihnen von Andern zugeschrieben werden.

Die Periode von 19 Jahren, nach welcher sowohl die Vollmonde als auch im Allgemeinen die Finsternisse auf dieselben Tage des Sonnenjahres wiederkehren, haben sie gekannt und angewandt. Eine andre grössere Periode ist der *Saros* von 600 Jahren, dessen Ursprung man nicht kennt.

Als *Hipparch* die Umlaufszeit des Mondes schärfer bestimmen wollte, bediente er sich dazu dreier alten babylonischen Mondfinsternisse, deren älteste in's 8. Jahrhundert v. Chr. fällt. Dadurch sind diese 3 Beobachtungen uns erhalten worden; im Uebrigen wissen wir nichts Specielles; da von den Schriften der Babylonier nichts auf uns gelangt ist. — *Berosus*, einer dieser Astronomen, besuchte Athen und durch ihn wurden die Griechen mit chaldäischer Astronomie bekannt.

Während in China, Indien und Aegypten die Himmelskunde durch europäische Astronomen in diesen ihren Ursitzen neu belebt worden ist, kann sich Babylon einer gleichen Gunst nicht erfreuen. Aber die Verwüstung und Verödung des einst so fruchtreichen und bevölkerten Euphrat-Thales ist auch in der That so zerstörend gewesen, dass ein neu erwachtes Völkerleben hier vielleicht nie wieder Platz greifen wird.

Astronomie der Egypter.

Der Umstand, dass Egypter und Hebräer in so frühe und sich mehrfach wiederholende Berührung traten, und dass die biblischen Schriftsteller dieses Verhältnisses ausführlich gedenken, ist Veranlassung gewesen, dass die Erzählungen von „egyptischer Weisheit" sich ununterbrochen durch die Jahrtausende hinzogen und, während die andern Culturmittelpunkte wenig oder gar nicht bekannt waren, dem Nillande ausschliesslich alles zugeschrieben wurde, was Kunstfleiss und Wissenschaft hiess. In den bisher betrachteten Gebieten sind alle Bauwerke der ältesten Zeit entweder spurlos verschwunden, oder nur noch in Ruinen vorhanden; in Egypten hat Vieles sich erhalten und überzeugt uns durch den Augenschein, dass hier einst ein Sitz hoher Cultur gewesen sei.

Indess haben die neuern und gründlichen Forschungen, namentlich französischer Gelehrten, nicht alles bestätigt, was die stereotyp gewordenen Sagen den Bewohnern des Nildelta zuschrieben, und namentlich sind gegen das sehr hohe Alter einiger Denkmäler gegründete Zweifel erhoben worden. Immer bleibt genug stehen, was uns in den Egyptern eines der ältesten und hochcultivirten Völker erblicken lässt; nur dass wir leider auch hier den Verlust so vieles Herrlichen beklagen müssen und wir uns vergeblich bemühen, so manches Dunkel der früheren Zeit aufzuhellen.

Das strengste Geheimniss trennte das Priestercollegium vom Volke, und da dies fortwährend festgehalten ward und auch die hieroglyphischen Inschriften, die man bis jetzt entziffert, uns fast nichts über egyptische Sternkunde lehren, so sind wir ungechtet der grossen Mühe, die man sich mit der Vorzeit dieses Landes gegeben, und ungeachtet alles Scharfsinnes eines *Boekh*, *Lepsius* und Anderer doch nur zu wenigen sichern Resultaten, und meistens nur zu mehr oder minder wahrscheinlichen Conjecturen gelangt.

Obgleich *Seneca* die Benennung und Aufzeichnung der Gestirne den Griechen, und zwar 1500 Jahre vor seiner Zeit, zuschreibt, so ist doch wohl der früheste Anfang der Astrognosie bei den Egyptern zu suchen. Der grosse und kleine Hund, die Regensterne (Hyaden) und Schiffersterne (Plejaden) deuten auf Verhältnisse des Nillandes. Doch hat ohne Zweifel eine Verbindung zwischen Hellas und Egypten sehr früh bestanden und wir haben einen gemeinsamen Ursprung der Constellationen anzunehmen.

Die Zusammenfassung von 12 dieser Bilder in den sogenannten Thierkreis ist wohl jüngeren Ursprungs, und man nahm dazu diejenigen der bereits vorhandenen Sternbilder, die sich ihrer Lage nach dazu am besten eigneten. Hätte diese Absicht gleich Anfangs vorgelegen, so würde man den Bildern nicht eine so ungleiche Längenerstreckung gegeben und sie mehr symmetrisch gegen die Ekliptik geordnet haben. Auch waren es Anfangs nur 11 Bilder, da die Scheeren des Scorpions da standen, wo jetzt das Sternbild der Waage steht. Die meisten, nur nicht alle alten Sternbilder sind wohl mythologisch zu deuten; ein ganzer Mythenkreis, die Rettung der Andromeda durch Perseus, ist vollständig an den Himmel versetzt, und auch bei den meisten Einzelfiguren ist die Deutung sicher.

Das Sonnenjahr kannten die alten Egypter: es hatte bei ihnen 365 Tage und sie erkannten, das es um $^1/_4$ Tag zu kurz war, und dass 1461 solcher Jahre nur 1460 tropische darstellten. Daraus ist jedoch nicht zu schliessen, dass der

allgemeine Kalender ein reiner Sonnenkalender gewesen sei. Das Volk war in Egypten wie anderwärts an den Mondkalender gewöhnt. Nach Verlauf von 1461 solcher 365 tägigen Jahre fiel so das wichtige erste Erscheinen des Hundssterns wieder auf dieselbe Jahreszeit, daher die Hundssternperiode von 1460 Jahren.

Auf die Bestimmung möglichst genauer Perioden war überhaupt, in Egypten wie anderwärts, die Aufmerksamkeit der ersten Himmelsforscher gerichtet. Nur die empirische Wahrnehmung konnte sie dabei fördern, nicht aber eine Theorie, die im Alterthum nirgend angetroffen wird. Doch Jahrhunderte, ja Jahrtausende mussten diese Wahrnehmungen beharrlich fortgesetzt werden, und dies war nur möglich bei geordneten staatlichen wie socialen Verhältnissen. Vergebens sehen wir uns auf der Erdkugel nach Lokalitäten um, die für die frühe Entwickelung der Wissenschaft ähnliche günstige Bedingungen wie die genannten vier besitzen. Nur etwa Hinterindien mit dem grossen Mündungsdelta der Mecam-Flüsse könnte noch in Betracht kommen, und in der That haben wir einige Nachricht über siamesische Astronomie; doch es hat sich nichts davon erhalten.

So viel Mühe man sich auch gegeben hat, den Hebräern möglichst viel wissenschaftliche und insbesondere astronomische Kenntnisse zuzuschreiben, und so ausführlich auch *Bailly* die *Astronomie antediluvienne* und *Astronomie des Patriarches* behandelt hat, so muss doch gesagt werden, dass nichts daran von einer unbefangenen Kritik bestehe, und dass auch alles, was wir später bei ihnen finden, in der Zeit vor dem Exil den Phänikern, und nach demselben, den Griechen und namentlich den Alexandrinern, entlehnt ist. Von eignen selbstständigen Forschungen, die man ihnen zuschreiben könnte, ist nicht das Geringste aufzufinden. Ihre Schalteinrichtung ist wesentlich die *Meton*'sche, ihre Länge des synodischen Mondumlaufes von *Hipparch* entlehnt.

Astronomie der Griechen.

„Die griechische Astronomie", sagt ein neuerer Schriftsteller, „besteht nur aus Meinungen". Wäre dies in aller Strenge wahr, so könnten wir sie hier übergehen, denn diese Meinungen klingen in unsrer Zeit so befremdend und sonderbar, dass man unwillkührlich frägt, ob sie in der That ernstlich daran geglaubt haben? Allein, wenn wir lesen, dass bereits *Thales* eine Sonnenfinsterniss vorhersagte, dass der scharfsinnigen Kalendereinrichtung des *Meton* vielfach andre, wenn auch misslungene Versuche, den Kalender zu ordnen, vorhergegangen, sowie

dass Griechen es waren, die in Rom Sonnenuhren einrichteten, chronologisch-astronomische Untersuchungen anstellten und dass im 4. Jahrhundert v. Chr. als Ptolemäus die Forscher aller Länder nach Alexandria rief, dennoch fast nur Griechen sich befähigt fühlten, dem Rufe zu folgen, und die erste Akademie der Wissenschaften zu gründen, welche die Welt gesehen: — so muss man sich sagen, dass doch wohl noch etwas mehr als blosse Meinungen in Hellas zu suchen waren. Nur dass allerdings vorzugsweise diese Meinungen, und wenig oder nichts von ihren Beobachtungen auf uns gekommen sind. Wir werden hier, aus besondern Gründen, einer derselben erwähnen:

In der pythogoräi'schen Schule begegnen wir der Meinung vom Centralfeuer, um welches die Erde sich drehe. Man hat vielfach darin das copernicanische System erblickt, ja *Copernicus* selbst ist dieser Ansicht. Ein genaueres Studium der Quellen zeigt uns Folgendes:

Das Centralfeuer steht in der Mitte zwischen der Erde und der Gegenerde (Antichthon). Beide drehen sich in 24 Stunden um das Centralfeuer, jedoch so, dass sie ihm immer dieselbe Seite zuwenden, und zwar die Erde ihre Südhalbkugel, weshalb man nördlich vom Aequator nichts von ihm sehen kann. Die Sonne wird bestimmt vom Centralfeuer unterschieden; sie ist möglicherweise eine Abspiegelung derselben.

Das ist nun freilich eine Bewegung der Erde, aber ohne die mindeste Aehnlichkeit mit der, welche *Copernicus* ihr anweist. Erhalten konnte sich diese Meinung nur bis dahin wo der Aequator überschritten ward. Jetzt mussten Gegenerde und Centralfeuer verschwinden; erstere ward zur Südhalbkugel, letzteres zum Feuer im Mittelpunkt der Erdkugel, das also die Astronomie nichts angeht.

Wenn aber *Gruppe* den *Plato* zum Urheber des copernicanischen Systems machen will, so muss entgegnet werden, dass auch nicht der mindeste positive Beweis dafür beigebracht werden kann. *Gruppe* traut Niemanden ausser *Plato* den Scharfblick zu, eine so wichtige Erfindung zu machen, und da sich nun Anklänge desselben bei späteren vorfinden, so muss es *Plato* sein, von dem sie herrühren.

Mit der Verehrung, die auch wir vor dem Genie des *Plato* empfinden, verträgt es sich ohne Zweifel, dass wir einen „Beweis“ dieser Art nicht anerkennen. Es wäre gewiss nicht schwierig, in dieser Weise alle Entdeckungen und Erfindungen irgend einem Alten, wie früher die Theologen dem *Adam*, zuzuschreiben.

Die alexandrinische Periode.

Eine Anstalt, die bis dahin ganz ohne Beispiel in der Geschichte dasteht, in der sich Jahrhunderte hindurch Alles concentrirte, was Wissenschaft heissen konnte, verdient gewiss, dass wir ihrer ausführlich gedenken.

Ptolemäus Lagi hatte den Thron Aegyptens bestiegen, und bald darauf berief er die Gelehrten aller Länder, sein Museum in Alexandria zu bewohnen und dort in voller Sicherheit ihren Forschungen zu leben. Reichlicher Unterhalt und jede Art von Unterstützung ward ihnen verheissen und das Versprechen gehalten. Die Mehrzahl folgte dem Rufe, und auch diejenigen, die nicht persönlich nach Alexandria kamen, traten doch mit der dortigen Akademie in wissenschaftliche Verbindung. Wir werden daher auch hier nicht fragen, ob eine betreffende Leistung aus Alexandria selbst datire oder nicht, zumal dies oft nicht entschieden werden kann. Denn der Geist, der von jetzt ab die Wissenschaft belebt, ist ein so durchaus neuer, und das Licht, was von Alexandria's Museum ausging, ein so weithin strahlendes, dass Athen und Rom, Rhodus und Massilia, Nicäa und Syracus dem Impulse folgten, der dort gegeben war.

Aristillus und *Timocharis* sind die ersten uns namhaft gemachten alexandrinischen Astronomen. Sie bestimmten Sternörter, jedoch nur durch Beobachtung ihres Auf- und Unterganges. Die nicht unbedeutenden Fehler, die bei dieser Methode nicht zu vermeiden sind, glichen sich einigermassen dadurch aus, dass die Aufgänge etwa um eben so viel zu spät, als die Untergänge zu früh wahrgenommen wurden. Sie thaten, was sie vermochten, denn sie besassen noch nicht die Mittel, Culminationen direkt zu beobachten.

Eratosthenes ist es, der den König dazu vermochte, die grossen Armillarsphären anfertigen zu lassen, die fortan die Hauptzierde des Museums bildeten und an denen er und seine Nachfolger ihre Beobachtungen anstellten. Ihm verdanken wir auch die Einführung des sphärischen Gradnetzes, dessen wir uns noch heut bedienen, und dem die Eintheilungen auf den grossen Kreisen entsprechen, welche die Armillarsphären bildeten.

Die Alten geben die Oerter am Himmel stets nach Länge und Breite an, also nicht wie sie unmittelbar erhalten werden (da die Armillarsphäre nur Rectascensionen und Declinationen giebt und es überhaupt unmöglich ist, ein Instrument nach der Ekliptik aufzustellen). Wahrscheinlich geschah die Umformung auf einem Globus durch Construction. *Eratosthenes* bestimmt ferner die Schiefe der Ekliptik, die damals etwa 1/3 Grad

grösser war als jetzt und suchte die Grösse eines Grades auf der Erdkugel zu bestimmen.

Aristarch spricht von der Bewegung der Erde, die er um die Sonne in einem schiefen Kreise herum führt. Aber eine weitere Anwendung auf die verwickelte Bewegung der Planeten macht er nicht, und so hat er zwar eine glückliche Idee gefasst, aber kein System aufgestellt. Auch tadelte ihn *Archimedes* wegen des von ihm gebrauchten Ausdrucks: der Umkreis der Erdbahn verhalte sich zur Fixsternsphäre wie der Mittelpunkt zur Peripherie, und *Kleonthes* klagte ihn in Athen der Gotteslästerung, weil er die Ruhe der Erdgöttin Hestia gestört habe. — Zu allen Zeiten und in allen Cultusformen haben die Feinde der wissenschaftlichen Forschung sich das Ansehen zu geben gewusst, als stritten sie für die Ehre der Gottheit.

Posidonius versuchte einige Entfernungen zu bestimmen; wir kennen leider seine Methode nicht. Er giebt dem Monde 2 Mill. Stadien (welche?) und der Sonne 500 Millionen. Verglichen mit den Annahmen früherer Zeiten war dies allerdings ein Fortschritt.

Aratus gab eine Astrognosie in Form eines Gedichts, das wir hier erwähnen, weil es von *Hipparch* commentirt, und dieser Commentar das Einzige ist, was von *Hipparch's* Schriften sich zu uns herübergerettet hat.

Eudoxus ist nicht sowohl durch eigene Beobachtungen, als durch ein System bekannt geworden, das, obgleich unhaltbar, dennoch lange Zeit Anhänger fand und sich bis in's 15. Jahrhundert nach Chr. hinein wissenschaftlichen Beifalls zu erfreuen hatte. Er gab jedem Planeten, so wie der Sonne und dem Monde, eine eigne und zwar materielle Sphäre, an denen sie gleichsam angeheftet seien, und nur die Fixsterne hatten eine gemeinschaftliche, die Octava-Sphaera: So stand es mit dem System in seiner ersten einfachen Gestalt, später vervielfältigte man die Sphären, so dass *Fracastor*, der letzte Anhänger derselben, nicht weniger als 70 zählte. Da sie bei dieser Vervielfältigung sich nicht etwa concentrisch umschlossen, sondern sich durcheinander bewegten, so muss billig gefragt werden, wie man sich dies als möglich gedacht habe? Doch genug über einen, jetzt von Niemand mehr getheilten und für immer beseitigten Irrthum, der nur darthut, wie schwer es den Alten wurde, sich die Gesirne freischwebend vorzustellen, so dass man um jeden Preis nach einem Mittel suchte, geeignet ihren Herabsturz zu verhindern, und wie wenig man eine Theorie dessen, was wir heut physische Astronomie nennen, bei ihnen zu erwarten hatte. Es verdient Bewunderung, dass die Alten

auf dem langsamen Wege der blossen Erfahrung so viel leisten konnten, aber bei alle dem bleibt ihre ganze Himmelsforschung eine rein empirische.

Im zweiten Jahrhundert v. Chr. begegnen wir dem grössten Astronomen des gesammten Alterthums, *Hipparch von Nicaea.* Zwar ist von seinen Werken nur der oben schon erwähnte Commentar der Vernichtung entgegen. aber durch andre Schriftsteller, namentlich *Ptolemäus* besitzen wir Nachrichten über ihn. In allen Zweigen der damals kultivirten Astronomie führte er Verbesserungen ein; statt der Auf- und Untergangsbeobachtungen wählte er die Meridiandurchgänge; die Solstitien, durch die man die Länge des Jahres bestimmen wollte, vertauschte er mit den ohne Vergleich genaueren Aequinoctien; er ersann eine Methode, Parallaxen an demselben Orte zu ermitteln, er brachte den Lauf der Sonne in Tafeln, die neben dem mittleren Laufe die Ungleichheiten gesondert aufführten und deren zweckmässige Einrichtung zum Muster noch heut dient; er beobachtete über 1000 Sterne und gab ihre Oerter möglichst genau an „damit die Nachwelt entscheiden könne, ob Sterne verschwinden oder neu erscheinen“; bestimmte ihre Grössenklassen (durch die 6 ersten griechischen Buchstaben). Jede von ihm wie von Andern gemachte Wahrnehmung hat er scharfsinnig benutzt; so z. B. die Bemerkung, dass Sonnenfinsternisse nicht an allen Orten gleich gross erscheinen, woraus er den Schluss zog, die Parallaxe des Mondes müsse eine messbare Grösse sein. Eine andre sinnreiche Methode, durch die Grösse des Erdschattens bei Mondfinsternissen die Sonnenparallaxe abzuleiten, musste ungeachtet ihrer theoretischenRichtigkeit in der Ausführung misslingen, da der Erdschatten zu schlecht begrenzt ist, um zur Auffindung so kleiner Grössen dienen zu können. Die Planetenbeobachtungen benutzte er um die Perioden ihrer Rückläufigkeit wie ihre Stillstände schärfer zu bestimmen; die von *Eratosthenes* gegebene Schiefe der Ekliptik prüfte er auf's Neue.

Von andern Beobachtungen ist es zweifelhaft, ob sie von ihm selbst oder Andern herrühren; so wie es auch nicht feststeht, ob alle seine Beobachtungen derselben Lokalität angehören.

Ein System der kosmischen Bewegungen hat er nicht aufgestellt. Ein so besonnener und umsichtiger Forscher musste bald gewahren dass es dazu noch nicht Zeit sei, dass die Thatsachen, die er Früheren entlehnen konnte, zu ungenau seien, und seine eignen einen zu kurzen Zeitraum umfassten, um Fragen von solcher Wichtigkeit jetzt schon zu entscheiden.

Den Beobachtungen der alten Aegypter hat er, so viel wir wissen, nichts entlehnt, und bei seinen Untersuchungen über die Länge des synodischen Mondumlaufes nicht alt-egyptische,

sondern alt-babylonische Beobachtungen benutzt. Waren jene ihm unzugänglich? Schwerlich, die Herrscher aus dem Hause der Ptolemäer hätten, auch bei der grössten Geheimthuerei der Priester, gewiss Mittel besessen, sie ihm zugänglich zu machen. Wir schliessen im Gegentheil daraus, dass jene alten Beobachtungen den hohen Werth nicht besassen, den man ihnen lange Zeit zuschrieb:

Für die Jahreslänge fand er (tropisch) 365 T. 5 St. 55′ 12″, er benutzte dazu ausser seinen eignen Beobachtungen nur noch eine des *Aristarch.* Den synodischen Mondsumlauf nahm er zu 29 T. 12 St. 44 Min. $3^1/_3$ Sekunde an; fast vollkommen richtig. Die Entfernung des Mondes fand er 62—$72^1/_2$ Erdhalbmesser, was etwa um $^1/_5$ zu viel ist.

Man sagt nicht zu viel, wenn man *Hipparch* als den Astronomen bezeichnet, der die Himmelsforschung eigentlich erst zur Wissenschaft gemacht hat. Leider ist uns von seinen Lebensumständen fast nichts, wenigstens nichts Sicheres, bekannt.

In der nächsten Zeit finden wir keinen Namen, den wir diesem grossen Manne zur Seite setzen könnten. *Geminus*, *Theodosius*, *Alexander von Ephesus* haben nichts Bedeutendes geleistet; *Conon* hat sich das mühelose Verdienst erworben, ein neues Sternbild (das Haar der Berenice) einzuführen; *Sosigenes* hat, wie wir oben schon erwähnt, die Kalenderverbesserung vorgeschlagen, welche *Julius Caesar* einführte. Dagegen müssen wir der Entdeckung und Erklärung der Refraktion gedenken. Schon *Posidonius* hatte vermuthet, dass durch die Dünste des Horizonts die Lichtstrahlen von der graden Linie abgelenkt würden, aber er wandte diese an sich richtige Bemerkung sehr fehlerhaft an. Er glaubte nämlich darin die Ursache zu finden, weshalb Sonne und Mond am Horizonte grösser erschienen als höher hinauf. Dies ist nun ganz und gar nicht der Fall; eine wirkliche, wenn auch nur nahe Messung würde ihm gezeigt haben, dass der Mond am Horizont sogar etwas kleiner erscheine, und dass auch bei der Sonnenscheibe der vertikale Durchmesser hoch am Himmel gefunden wird. *Cleomedes* war glücklicher. Man hatte zu seiner Zeit den total verfinsterten Mond zu einer Zeit erblickt, wo die Sonne noch nicht ganz untergegangen war. Dies schien ihm unmöglich; da aber so viele glaubwürdige Zeugnisse vorlagen, so forschte er nach der Ursache und fand sie darin, dass der Lichtstrahl von seinem graden Wege abgelenkt werde und eine gegen die Erde concave Curve beschreibe. Späteren Forschern blieb es vorbehalten, die genaueren Gesetze der Refraction zu ermitteln. — *Cleomedes* wie *Posidonius* lebten in Rom, wo damals die Wissenschaften

durch die dorthin übergesiedelten Griechen sich zu verbreiten anfingen, ohne doch bleibenden Boden zu gewinnen.

Das alt-egyptische Priestercollegium bestand neben der alexandrinischen Schule anfangs noch fort, und *Manetho* ist ein daraus hervorgegangener Schriftsteller dieser Zeit. Eine Verbindung mit dem Museum hat jedoch nicht Statt gefunden; die Egypter bewahrten, so gut sie vermochten, ihre alten Traditionen. Nachdem Egypten römische Provinz geworden war, verlautete nichts mehr von diesen Bewahrern alt-egyptischer Weisheit.

Allein auch das Museum hatte seinen glanzvollsten Tag gesehen; nur noch ein grosser Himmelsforscher, *Claudius Ptolemäus*, ging aus ihm hervor. Er lebte unter *Hadrian* und *Antoninus Pius*, und das wichtigste seiner Werke, der bekannte Almagest, ist uns glücklich erhalten und bildet die Hauptquelle für unsre Kenntniss der alten Astronomie. Man hat ihm vorgeworfen, dass er sich Entdeckungen zueigne, die Andre und namentlich *Hipparch* gemacht hätten. Allein er trägt keine Schuld an der Unkritik späterer Zeiten, die ganz zufrieden war, in Einem Buche alles zu finden, was zu einer Wissenschaft gehörte, und für die *Ptolemäus* in der Astronomie eben das ward, was *Aristoteles* in der Physik, *Galen* in der Arzneiwissenschaft, *Euclid* in der Mathematik, *Justinian* in der Jurisprudenz u. s. w. — Einer solchen Zeit galt der Name, der auf dem Titel stand, für Alles im Buche enthaltene, mochte es auch noch so handgreiflich, früheren oder auch späteren Ursprungs sein. *Ptolemäus*, wir wiederholen es, trägt nicht die Schuld dieser Geistlosigkeit und Rohheit: er gab ein Lehrbuch, und wenn er uns in Ungewissheit lässt über den wahren Urheber jeder Beobachtung oder Entdeckung, so konnte er ein Plagiat nicht beabsichtigen in einer Zeit, wo die Schriften der andern Astronomen noch vorhanden und ihre Namen bekannt waren. Da übrigens von den Schriften dieses Astronomen hauptsächlich nur der Almagest erhalten, alles Uebrige dagegen meistens verloren gegangen ist, so wäre es um so ungerechter ihm Vernachlässigungen vorzuwerfen, die er vielleicht gar nicht begangen hat.

Der Mondstheorie erwähnen wir zuerst. *Hipparch* hatte bereits die vom elliptischen Laufe abhängende Ungleichheit der Anomalie entwickelt; *Ptolemäus* fand eine zweite, die Evection. Er setzt die erste $5^{0}\,1'$, die zweite $2^{0}\,39'$. Die Summe beider stimmt sehr gut mit den heutigen Beobachtungen; allein die Evection muss fast auf die Hälfte herabgesetzt, die Anomalie um mehr als 1^{0} vergrössert werden. Die dritte Ungleichheit von erheblichem Belange, die Variation, fand er nicht, da seine

Beobachtungen hauptsächlich nur die 4 Cardinalpunkte des synodischen Umlaufs, nicht auch die zwischenliegenden Oerter, umfassten.

Um Declinationen mit grösserer Sicherheit messen zu können, erfand er das Triquetrum, dem Princip nach ein Kreissector, wo statt des Bogens eine in 60 Theile getheilte Linie angebracht war. Er bediente sich dessen hauptsächlich zur Bestimmung der Mondparallaxe.

Aristarch hatte bereits eine Methode erdacht, die Sonnenparallaxe durch Beobachtung des Mondes zu bestimmen. Wenn der Mond grade halb erleuchtet erscheint, so muss in dem Dreieck Sonne, Erde, Mond, der Winkel am Monde ein rechter sein. Der Winkel an der Erde ergiebt sich durch Messung des Bogens am Himmel zwischen Sonne und Mond, und der Winkel an der Sonne muss dann die Ergänzung der beiden andern zu 180^0 sein. So erhält man die Entfernung in Mondhalbmessern, oder besser gesagt: man würde sie erhalten, wenn der Moment, wo der Mond grade halb erleuchtet erscheint, durch Beobachtung scharf zu bestimmen wäre. Aber der Mond ist sehr gebirgig, und so erscheint der innere Rand (die Lichtgrenze) auch schon dem freien Auge nicht scharf genug.

Ptolemäus erkannte das Ungenügende dieses Verfahrens und suchte die Sonnenparallaxen auf einem andern, wahrscheinlich von *Hipparch* schon vorgezeichnetem Wege. Stände uns die Sonne so nahe, dass sie nur gleich gross mit unsrer Erde wäre, so würde der Schatten der Erde sich in's Unendliche erstrecken, und je weiter entfernt wir die Sonne annehmen, desto kürzer muss der Schattenkegel der Erde werden, desto kleiner also auch sein Durchschnitt an der Stelle, wo der Mond durch ihn hinzieht. Von der Grösse dieses Durchschnittes aber hängt wieder die Dauer der Mondfinsterniss ab; diese Dauer bietet also ein Mittel, die Sonnenparallaxe durch Rechnung zu finden.

Ptolemäus fand diese Parallaxe = 125", allerdings 15 mal zu gross; allein die Unbestimmtheit und Verwaschenheit des Erdschattens auf dem Monde ist auch so bedeutend, dass man, wenn man damals für die Sonne eine Entfernung vermuthet hätte, wie wir sie jetzt kennen, diese Methode wohl nicht versucht hätte.

Seine Methode der Berechnung von Mond und Sonnenfinsternissen, unterscheidet sich von der unsrigen nicht wesentlich. Er rechnet keinesweges nach blossen Cyklen wie die alten Chaldäer, sondern macht von den Ungleichheiten des Mondlaufes, die ihm bekannt waren, einen theoretisch richtigen Gebrauch; aber wieviel davon dem *Hipparch*, und wieviel ihm selbst angehört, ist nicht zu ermitteln.

Der für uns wichtigste Theil seiner Arbeiten ist der Sterncatalog, den wir ursprünglich *Hipparch* verdanken. *Ptolemäus* hat ihn auf seine Zeit reducirt, aber mit der zu kleinen Präcession von jährlich 36" (statt 50"). So passen seine Oerter nicht für seine, sondern für eine etwa 80 Jahre frühere Zeit, die des *Nero*. Er führt 48 Sternbilder auf: 21 nördlich der Ekliptik, 12 in derselben und 15 südliche. Was in Alexandria nicht über den Horizont sich erhob, fehlt im Catalog; nur der Stern Achernar, den man vielleicht im südlichen Egypten beobachtet hat, kommt noch vor. Die einzelnen Sterne in den Sternbildern sind nicht wie bei uns durch Buchstaben bezeichnet, sondern nach den Körpertheilen der Heroenfiguren oder denen der Thiere und andrer Gegenstände, z. B. der Stern am Fusse der Jungfrau; im Thronsessel der Cassiopeja, im Gürtel des Orion u. s. w. stets so speciell, dass einer Verwechselung vorgebeugt ist. Damit war denn für die Folgezeit die Nothwendigkeit verbunden, die einmal vorgezeichneten Bilderfiguren mit aller Treue beizubehalten und auch keine Fingerspitze von ihrer althergebrachten Stelle zu rücken. Sterne, die nicht in eine der Bildfiguren selbst hineingezogen werden konnten, sondern nur daneben standen, nannte er informes (αμόρφοι). So ist bei ihm Arctur, weil er nicht im, sondern nur dicht unter dem Bootes steht, ein stella informis.

Wie sorgfältig *Ptolemäus* bei seinen Berechnungen verfuhr, möge hier an einem Beispiele gezeigt werden. Um die Zeit zu bestimmen, wo eine Mondfinsterniss am grössten ist, begnügt er sich nicht damit, das arithmetische Mittel aus Anfang und Ende zu nehmen, sondern er bringt zwei Correctionen an. Der Mond steht während einer Finsterniss zwar immer der Ekliptik sehr nahe, aber doch nicht genau in derselben; der Mittelpunkt des Erdschattens dagegen immer in der Ekliptik. Folglich muss man die Länge des Mondes auf die Ekliptik reduciren, was höchstens zwei 2 Minuten Zeit beträgt. Ferner ist die Bewegung des Mondes nicht gleichförmig, und wenn man es genau nimmt, auch nicht während der kurzen Dauer einer Finsterniss. Auch dies berücksichtigt *Ptolemäus*, obgleich die Correction noch kleiner als die ersterwähnte ist, und die Beobachtung zu seiner Zeit so geringe Unterschiede direkt nicht wahrnehmen konnte.

Der tadelsüchtige *Delambre*, dem *Ptolemäus* nichts recht machen konnte und der ihm bei jeder Gelegenheit zeigt, wie er es besser hätte machen sollen, hat nicht bedacht, dass nach abermaligen 1600 Jahren die Nachwelt über seine eignen Verfahrungsweisen wohl eben so urtheilen wird, wie er über die des alten Griechen.

Man hatte gefragt, weshalb Venus und Merkur, wenn sie zwischen Erde und Sonne hindurch gehen, nicht auch wie der Mond Verfinsterungen der Sonne bewirkten? *Ptolemäus* glaubt, die grade Linie von der Sonne zu diesem Planeten führe verlängert stets an der Erde vorüber, ohne je auf sie zu treffen; ein für jene Zeit gewiss verzeihlicher Irrthum; bei weiten verzeihlicher als die Annahme derer, die in unsern Tagen von Merkursdurchgängen sprechen, welche die Alten beobachtet haben sollen.

Wir kommen zu dem System des *Ptolemäus*, in dem wir einen Versuch erblicken, den Erscheinungen der Himmelskörper durch Rechnung zu genügen, mit andern Worten: sie vorherzusagen, was auch, wenn man sich mit rohen nur ohngefähr zutreffenden Bestimmungen begnügen will, das *Ptolemäi*'sche System in der That leistet. Denn wie wenig er selbst von seiner Erklärung befriedigt war, erhellt aus seiner Antwort auf den ihm gemachten Vorwurf, sein System sei nicht einfach genug. „Nicht alle Dinge sind einfach: man muss freilich versuchen, mit einfachen Erklärungen auszureichen, wenn dies aber nicht gelingt, sich behelfen so gut es geht.“ Er wollte nicht (oder durfte nicht?) die Ruhe der Erde antasten, und so konnte er das „Einfache“ was er selbst wünschte, nicht zu Stande bringen.

Sein System besteht wesentlich darin, dass er die tägliche Umdrehung der Erde auf das primum mobile übertrug, wie dies schon früher geschehen war; und den jährlichen Umlauf den Planeten zuschrieb, denen er zu diesem Behuf epicyclische Bahnen gab. Da jedoch die Ebenen, in denen Erde und Planeten sich bewegen, verschiedene sind, so musste dem Epicykel eine Neigung gegen den Hauptkreis gegeben werden, und da auch dies nicht ausreichte (wegen elliptischer Gestalt der Bahnen) so mussten an den Epicyclen abermals Epicykel zweiter Ordnung angebracht werden. Wenn man diese Vervielfältigungen noch willkührlich weiter fortsetzte, so hätte man schliesslich zur Darstellung aller Ungleichheiten gelangen können, aber durch Rechnungen, die wegen ihrer ungeheuren, ganz unabsehbaren Länge so gut als unausführbar waren nnd auch nie versucht worden sind. An eine genetische Erklärung, an eine theoretische oder gar physische Astronomie war bei alle dem nicht zu denken; alles war Empirie und das einzige nicht blos scheinbare, sondern wirklich Wahre und mindestens annähernd Richtige in diesem System war die Bewegung des Mondes um die Erde. — Es begreift sich, dass ein so scharfblickender Forscher von diesem seinem System wenig befriedigt gewesen war.

Sollten die Epicyklen die Stelle der Erdbahn vertreten,

so mussten sie der Erdbahn an wirklichem Umfange gleich sein. Dies hatte nun seine eigenthümliche Schwierigkeit bei Venus und Merkur, wo der Epicykel grösser als die Hauptbahn herauskam, was sich nicht wohl verständlich darstellen liess. Dies hatte schon früher Veranlassung gegeben, die beiden untern Planeten gleichsam als Sonnentrabanten zu betrachten und sie nur mit der Sonne sich um die Erde bewegen zu lassen (das sogenannte egyptische System).

Von den Kometen ist in diesem System, wie in der alexandrinischen Schule überhaupt, mit keinem Worte die Rede. Offenbar sah man sie als etwas dem Sonnensystem Fremdartiges an und hielt es nicht für nöthig, ihre Bewegung zu erklären.

Dieses System hat mindestens in so fern genützt, als nach ihm in der That gerechnet worden ist, und man sich auch so lange damit praktisch begnügen konnte, als rohe und nur ohngefähr übereinstimmende Angaben genügten. Aber schon in den Beobachtungen der Araber, denen eines *Alphons* x und mehr noch bei Wiedererwachen der Wissenschaften in Deutschland traten die grossen Mängel zu Tage, wie wir späterhin sehen werden.

Ptolemäus schrieb auch über Geographie, Chronologie, Optik und Musik; doch ist vieles davon für uns verloren gegangen. Im 78. Jahre seines Alters beschloss er sein thatenreiches Leben. Er ist der Letzte unter den grossen Astronomen des Alterthums.

Wir stehen an einem der traurigsten Wendepunkte, der Astronomie nicht allein, sondern der gesammten Geschichte der Menschheit. Fast gleichzeitig war der letzte wahrhaft grosse und edle Herrscher, der je auf dem römischen Throne gesessen, und der letzte gründliche Forscher, der im Alterthum die Wissenschaft gefördert, in's Grab gesunken, und fortan wird es von Jahrhundert zu Jahrhundert finstrer und hoffnungsloser in der politischen wie in der Culturgeschichte. Das zweite Halbjahrtausend der alexandrinischen Schule war nur ein Schattenbild des ersten. Gleichwohl dürfen wir uns nicht erlauben diese Periode mit Stillschweigen zu übergehen.

Plotinus von Lyropolis (geb. 205, gest. 270) schrieb Einiges über Optik. — Der Bischof *Achilles Tatius* gab zu Anfang des 4. Jahrhunderts einen Commentar zu Aratus. — In Persien führte *Dschemshid* um diese Zeit das Sonnenjahr ein. — *Firmicus Maternus* schrieb 8 Bücher Astronomicorum. Wir sehen in diesen, im Ganzen wenig darbietenden Versuchen noch Nachklänge der frühern grossen Zeiten, die noch nicht ganz erloschen waren.

Bedeutender waren jedenfalls die Arbeiten *Theons* des

Jüngeren, und mehr noch die seiner Tochter *Hypatia*. Er bearbeitete den Euclid und hat auch einige Beobachtungen angestellt; seine Tochter bekleidete den Lehrstuhl der Mathematik und Astronomie in Alexandria, und ihr Vortrag fand grossen Beifall. Sie gab astronomische Tafeln, die leider nicht auf uns gekommen sind. Diese treffliche Dame ward, als sie einst aus ihrem Collegium nach Hause ging, von einer aufrührerischen Pöbelrotte, unter Anführung eines christlichen Priesters angefallen, und nach den grausamsten Misshandlungen ermordet.

Der Bischof *Synesius*, der *Hypatia* seine vortreffliche Lehrerin nennt, arbeitete ein Planisphaerium aus, und sein Brief, worin er es einem Freunde empfiehlt, ist uns erhalten.

Um 670 erfolgte der Untergang der alexandrinischen Bibliothek, die der letzte dortige Mathematiker *Philoponus* vergebens zu retten versuchte. Der Besieger Aegyptens, der rohe Barbar *Omar*, war taub gegen seine Bitten, und befahl, mit diesen Büchern die Bäder zu heizen.*)

So traurig war der Verfall, dass im 8. Jahrhundert die Erde wieder flach, und die Lehre von den Antipoden kirchlich verdammt wurde. — *Isidorus Hispalensis* will den Stillstand und Rückgang der Planeten darstellen und meint, sie verlören in der Finsterniss den Weg, würden ungewiss, geriethen auf einen falschen Weg und suchten den rechten wieder.

Und nun genug davon!

Astronomie der Araber.

Die tropischen und subtropischen Landschaften Westasiens erfreuen sich einer fast ununterbrochenen Heiterkeit und einer Durchsichtigkeit des Luftkreises, der die Gestirne ungleich glänzender erscheinen lässt als irgendwo im Abendlande. Und hier war es, wo die in Europa vergessenen, verachteten und selbst verpönten Wissenschaften eine Stätte fanden. Kann gleich das, was die Araber geleistet, die Vergleichung mit Alexandria's grosser Zeit nicht aushalten, so haben sie doch das nie genug zu schätzende Verdienst, die Brücke zu bilden, die über die Jahrhunderte europäischer Finsterniss hinweg, alles für uns herübergerettet hat, was noch zu retten war aus den Tagen *Hipparch's* und *Ptolemäus*. Doch sind auch ihre eignen Leistungen nicht gering anzuschlagen.

*) Andre halten diese Erzählung für eine Fabel und schreiben sie dem Hasse der Christen gegen die Moslim zu. Genug, dass um diese Zeit nicht allein die alexandrinische sondern auch zwei grosse byzantinische Bibliotheken untergingen; die letzteren in einer Feuersbrunst. Gewiss der schwerste Verlust, den die Wissenschaften je erlitten haben.

Es wäre sicher verdienstlich, die ganze arabische Culturperiode in einem Gesammtbilde uns vorzuführen, und darzustellen was sie in Astronomie, Geographie, Mathematik, Naturwissenschaften, Philosophie und Poesie geleistet haben. Doch scheint unsre Zeit dazu noch nicht vorbereitet genug; viele, ja vielleicht die meisten ihrer Werke liegen noch in den pariser und andern Manuscriptsammlungen unedirt und unübersetzt; und unsre Aufgabe hat sich auf ihre Himmelskunde zu beschränken.

Nach den ersten Stürmen, welche durch Streitigkeiten über die Thronfolge veranlasst wurden, haben wir zu nennen *Harun al Raschid*, Zeitgenosse Karl des Grossen. Er steht an der Spitze der Reihe von Khalifen, welche fast drei Jahrhunderte hindurch ihren Ruhm darein setzten die Wissenschaften zu beschützen und zu befördern. Bagdad übernahm jetzt die Rolle, welche einst Alexandria verherrlicht hatte, und die Toleranz, welche in den bessern Tagen des Islam herrschend war, macht es erklärlich, dass Christen, Juden und Magier mit den Moslim vereinigt in demselben Collegio arbeiteten, und gemeinsame Resultate an's Licht der Welt förderten. *Harun al Raschid's* Geschenke, welche er an *Karl* sandte, mussten wohl das Erstaunen der Franken erregen, denn in Europa vermochte Niemand Aehnliches aufzustellen.

Almanon, der 814 in seinem 38. Jahre den Khalifenthron bestieg, trug Sorge die geretteten Werke der Griechen in's Arabische zu übersetzen, namentlich die mathematischen und astronomischen.

Ein Compendium der Astronomie, dem Titel nach von mehreren Verfassern, erschien „auf Befehl des Königs *Maimon*". *Alhazer ben Jussuf* übersetzte den Ptolemäus in's Arabische, und unter den 29 Werken des *Alchindi* (nach *Montucla's* Angaben) waren mehrere astronomischen Inhalts. — Unter *Abul Mansur* wurde die Schiefe der Ekliptik neu bestimmt; die Beobachtungen in Bagdad gaben 23° 33′ 0″, die in Damascus 23° 33′ 52″.

Um 860 schrieb *Albumasar* eine Introductio ad astronomiam und ein andres Werk de magnis conjunctionibus. (Wir geben die Titel nach der lateinischen zu Augsburg 1488 erschienen Uebersetzung der arabischen Originalwerke).

Kurze Zeit nachher ward eine Gradmessung (geschichtlich die erste) in der Ebene von Sennaar unternommen. *Chalid ben Abdulmelik* und *Ali ben Isa* waren die Chefs der damit beauftragten Gerdäten; ersterer mass einen Grad des Meridians nach Norden; letzterer von demselben Punkte aus, nach Süden. Auf ersterer Strecke ergaben sich 56, auf letzterer 56⅔ Meilen

für den Grad. Der Khalif, von diesem Ergebniss wenig befriedigt, ordnete eine Wiederholung an, allein das Resultat blieb wie früher. — Wir bemerken, dass eine Fehlersumme von 42″ in den gebrauchten Sternpositionen die Differenz erklärt, und dass die Araber mit freiem Auge beobachteten. Uebrigens hat die ganze Messung für uns nur historischen Werth, da wir die Grösse der arabischen Meile, wie sie vor 1000 Jahren war, zu wenig kennen.

Die „Elemente“ des Alfraganus besitzen wir in 6 verschiedenen lateinischen Editionen, die von 1493 bis 1669 erschienen. — *Thebit*, ein Nichtmuhamedaner, untersuchte die Präcessionsconstante; aber sein Resultat war fehlerhaft, da er die wahrgenommenen Unterschiede nicht den Beobachtungsfehlern, sondern wirklichen Schwankungen zuschrieb.

Der grösste arabische Astronom, den man nicht mit Unrecht den *Hipparch* Arabiens genannt hat, lebte um 880. Sein eigentlicher Name *Al-Baten* ist von den Abendländern in *Albategnius* umgeformt worden. Für die Präcession fand er 54″, also nur etwa 4″ zu viel. Sehr nahe zutreffend ist auch seine Bestimmung der Excentricität der Erdbahn (oder wie es damals hiess, der Sonnenbahn) = 0,01732, und seine Länge des tropischen Jahres = 365 T. 5 St. 46′ 24″. Seine eignen Beobachtungen musste er mit den weniger genauen früheren Astronomen vereinigen, um so mehr zutreffende Bestimmungen zu erhalten, was eine sehr umsichtige Benutzung derselben voraussetzt. Er gab Tafeln für die Bewegung der Himmelskörper in seinem Hauptwerke: de numeris quotibus stellarum (übersetzt 1537.) Er machte ferner die wichtige Entdeckung, dass das Perihel der Erdbahn vorrücke und starb im J. 928.

Obgleich wir noch bis in's 12. Jahrhundert hin arabische Himmelsforscher und darunter manchen verdienten Mann antreffen, so muss doch gesagt werden, dass je länger desto mehr, das Unkraut Astrologie die ächte Wissenschaft überwucherte, und schliesslich sie erstickte. Wie gewöhnlich, so ging es auch hier: wenn die Männer der Wissenschaft einen abergläubischen Wahn begünstigen oder selbst nur zu begünstigen scheinen, so hält sich der grosse Haufe ausschliesslich an dieses, setzt darein den alleinigen Werth des Wissens und kümmert sich um das Uebrige gar nicht.*)

*) Auch bei uns ist die Sterndeuterei nur deshalb Todes verblichen, weil seit zwei Jahrhunderten sich kein Astronom mehr fand, der sich bis zu ihr erniedrigt hätte, und sie ohne Astronomie nicht bearbeitet werden konnte. Doch der elende *C. W. Pfaff*, der noch 1816 zwei Werke über Astrologie schrieb, hat keine Leistung aufzuweisen, die ihn zu dem Namen eines Astronomen berechtigte.

Alfarabi (geb. 892) hinterliess Encyclopaedia astronomica; einen Commentar zum Almagest und eine Schrift de perpetuo astrorum motu.

Um 960 lebte *Abul-Wefa*, den *Sédillot* für den Entdecker der Variation des Mondes hielt, wogegen *Biot* nachweist, dass er nur eine Erklärung der Evection des Ptolemäus gegeben und nichts von Variation bei ihm vorkam.

Ibn-Junis (geb. 979, gest. 1008). Wenn *Al-Baten* der *Hipparch*, so ist *Ibn-Junis* der *Ptolemäus* der Araber, denn er gab eine Zusammenstellung aller arabischen Beobachtungen bis zu seiner Zeit. Für die Schiefe der Ekliptik fand er im J. 1000 23° 34′ 26″, und auch noch andre wichtige Arbeiten verdanken wir ihm.

Alhazen ist vorherrschend Optiker. Seine Arbeiten, insbesondere über Strahlenbrechung und Reflexion, sind um so verdienstlicher als bei den Griechen, namentlich in älterer Zeit, höchst verworrene Ansichten, selbst über die ersten Elemente der Optik herrschten. Von *Arzachel* besitzen wir die Tabulae Toletanae und er ist Erfinder eines Astrolabiums.

Al Sufi (gest. 986) ist gleichfalls Optiker und hat ein Werk über Projection der Lichtstrahlen hinterlassen; ausserdem ein Fixsternverzeichniss und astronomische Tafeln.

Auf Veranstaltung des Khalifen *Sharfadoula* wurde 988 von 10 Astronomen das Aequinoctium beobachtet, um die Länge des Jahres festzustellen.

Averroes wagte den damals sehr kühnen Schritt, das *Ptolemäi'sche* System zu tadeln. Er will einfach excentrische Kreise setzen, fühlt aber, dass er seines hohen Alters wegen, die Sache nicht durchführen könne und empfiehlt sie seinen Nachfolgern. *Alpedragius* versuchte die Aufgabe zu lösen, allein es gelang ihm nicht.

Wenn wir diese Periode die arabische nennen, so ist dies nicht so zu verstehen, als sei das eigentliche Arabien ihr Hauptsitz gewesen. Die nördlich angrenzenden Länder, namentlich Syrien und Mesopotamien, ferner Aegypten, Marokko und das südliche Spanien, so weit hier Muhamedaner herrschten, bildeten das Culturgebiet, wo die Genannten und noch viele Andre die Wissenschaften pflegten. Als der Khalifenthron durch die Einbrüche der Türken und Tataren zu wanken begann und endlich ganz zusammenstürzte, verlor Bagdad das wissenschaftliche Primat; allein in den afrikanischen und europäischen oben bezeichneten Provinzen, die nun eine grössere Selbstständigkeit gewannen, erhielt sich auch die Wissenschaft noch mehrere Generationen hindurch. Cordova war eine berühmte, auch von Christen und Juden besuchte Hochschule. Andrerseits

sehen wir, dass die Himmelsforschung in Persien, ja noch weiter östlich, Boden gewinnt. 1079 giebt *Omar Chejam* in Persien einen Kalender, der den Fehler des Julian'schen beseitigt, und in der That noch etwas genauer als der Gregorianische mit dem Himmel übereinstimmt. Eine Periode von 33 Jahren sollte 8 Schaltjahre enthalten, nämlich, das 4., 8., 12., 16., 20., 24., 28. und 33te. — 1105 edirte *Abraham ben Chija*, jüdischer Astronom in Spanien, mehrere Werke: de forma terrae, de planetis et sphaeris, de sphaera mundi. Der oben genannte *Averroes* lebte in Marocco. Als aber die Türkenherschaft sich auch über Afrika verbreitete und die Mauren nach und nach Toledo, Cordova und Sevilla verloren hatten und nur Granada noch (bis 1484) behaupteten, verfiel auch die arabische Wissenschaft.

Die mongolischen Chane, selbst der wilde und grausame *Dschingischan*, waren gleichwohl bestrebt, Astronomen zu gewinnen für ihre weiten Gebiete. Doch erst *Hulagu* gelang es, den Perser *Nasir-Eddin* an seinen Hof zu ziehen. Er sorgte für Anschaffung grosser Instrumente und trug *Nasir-Eddin* auf, einen Sterncatalog, genauer und vollständiger als der des *Almagest*, anzufertigen. Aber seine Ungeduld verhinderte den Astronomen, mit der erforderlichen Ruhe und Sorgfalt zu arbeiten: der Catalog ward nicht das, was er werden sollte und auch wohl geworden wäre, wenn *Hulagu* die 30 Jahre, die *Nasir-Eddin* forderte, bewilligt hätte.

Die späteste Blüthe des so weit verbreiteten Stammes arabischer Himmelsforschung erblicken wir bei den usbekischen Tataren. *Ulugh-Beigh*, ihr Herrscher, erbaute in Samarkand eine prächtige mit kostbaren Instrumenten ausgerüstete Sternwarte, berief *Alsuphi*, einen Araber, als Gehülfen, liess durch ihn den Ptolemäischen Catalog auf seine Zeit reduciren, und beobachtete diese Sterne von Neuem. Die beste Ausgabe dieses Catalogs ist die von *Baily*. *Ulugh-Beigh* bestimmte die Schiefe der Ekliptik für 1483 23° 31′ 48″.

Die schöne, aber kurze Blüthe usbekischer Wissenschaft sank, als der treffliche Fürst von der Hand seines eigenen, gegen ihn empörten Sohnes gefallen war, und die Nacht, die den Orient schon lange bedeckte, brach nun auch über Samarkand herein. Erst das 19te Jahrhundert wird uns Gelegenheit bieten, aus den Ländern des Islam wieder Einiges zu berichten.

Werfen wir noch einen kurzen Blick auf das christliche Europa während dieser Zeit.

Papst *Zacharias*, derselbe, der die Lehre von den Antipoden 770 verdammte, hatte 800 Karl den Franken zum Kaiser gekrönt, und am Hof dieses Fürsten geschah Einiges für kirch-

liche Berechnungen, die auch insbesondere den Kalender umfassten. — *Alcuin*, Karl's Lehrer (geb. 735, gest. 804) war in der Astronomie nicht unerfahren. Um 912 schrieb *Abbon de Fleury*, später Lehrer *Gerbert's*, ein Buch de motibus stellarum. Gerbert, seit 970 Papst Sylvester II., versuchte einiges für Himmelskunde zu thun; er soll eine Kugel zu Beobachtungen des Polarsterns eingerichtet haben. *Abbon* ward 1004 von Bauern, die ihn für einen Zauberer hielten, erschlagen. — 1114 — 1190 lebte *Gherardo v. Cremona*, der einige Werke arabischer und griechischer Astronomen in's Lateinische übertrug, was später sein Sohn fortsetzte. Auch der Euclid ward von *Abälard* (um 1150) übersetzt. — 1223—1284 lebte *Alphons* X oder der Weise, König von Castilien, ein eifriger Freund der Himmelskunde, der grosse Summen aufwandte um genauere astronomische Tafeln durch alle Gelehrte, welche er dafür gewinnen konnte, Christen, Juden und Muhamedaner, bearbeiten zu lassen. Diese Tafeln hat die Madrider Akademie 1865 in einer neuen und eleganten Ausgabe veröffentlicht. Seine Zweifel am ptolemäischen System wussten die Mönche als Gotteslästerung zu deuten, er ward angeklagt, verurtheilt und abgesetzt; — er starb arm und verlassen zu Sevilla.

Wenn eine mit Ehren getragene Krone, wenn der wohlerworbene Name des Weisen nicht im Stande waren, den Forscher sicher zu stellen vor dem Hasse der Bewahrer der Finsterniss — was hatte da der Privatmann zu erwarten? *Roger Baco* (geb. 1214 zu Ilchester in England), der eine Kalenderverbesserung vorschlug, ohne Gehör zu finden, und mit grossem Erfolge optische Versuche anstellte (nur ist er sicher nicht Erfinder des Fernrohrs, wozu Einige ihn machen wollten) war selbst Mönch geworden um sicher zu sein vor den Verfolgungen der Ordensbrüder; doch umsonst. Wegen seiner Arbeiten vor dem Generalkapitel angeklagt, ward er in ein enges Gefängniss geworfen, aus welchem nur der Tod den 80jährigen Greis erlösete.

1230 schrieb *Johannes de Sacrobosco* sein liber de sphaera, ein höchst dürftiges Compendium, das aber 59 Auflagen erlebte, deren letzte 1699 erschien. — Um 1300 beschäftigte sich *Bonatti* in Bologna mit astronomischen Tafeln. —

Im 14. Jahrhundert werden die Namen derer, welche über Astronomie schrieben, etwas häufiger, allein wir begnügen uns mit der Bemerkung, dass sich unter ihnen keiner findet, dessen Arbeiten bedeutend für die Wissenschaft waren, oder der es verstanden hätte der Wissenschaft einen neuen Impuls zu geben; wobei er freilich, wie wir gesehen haben, auf den Dank der Mitwelt nicht rechnen durfte. Dies konnten nur diejenigen

hoffen, welche eine hinreichende Dosis von Sterndeuterei in ihre Werke mit einmischten.

Aber schon gegen Ende des Jahrhunderts begannen die byzantinischen Griechen, flüchtend vor dem Schwerte der Osmannen, sich in Italien niederzulassen, und im 15. Jahrhundert ward dies immer häufiger, besonders nach dem Falle von Konstantinopel (1453 Mai 29).

Im byzantischen Reiche hatten sich manche Traditionen der früheren Zeit fortgepflanzt, auch die arabische Cultur war nicht ohne allen Einfluss auf Constantinopel und Athen geblieben, und so ist es erklärlich, dass sich unter jenen Flüchtlingen manche fanden, die den ihnen gewährten Schutz vergelten konnten durch Mittheilung von Kenntnissen, die dem übrigen Europa abhanden gekommen waren. Italien, das ihrer Heimath zunächst gelegene Land, war auch das, wo ihre Wirksamkeit am frühesten sich entfaltete.

Andrerseits ward im 15. Jahrhundert die Buchdruckerkunst erfunden, der die Xylographie vorangegangen war und gezeigt hatte, dass auch Schrift sich durch Holzschnitt vervielfältigen lasse. *Walkenaer* hatte bereits 30 Jahre vor *Guttenberg* einen ganzen Donat in Holztafeln geschnitzt und abgedruckt. Aber erst die beweglichen Lettern *Guttenberg's* und *Fust's* vermochten den Aufschwung zu bewirken, der einzig in der Weltgeschichte dasteht, und der in keiner Zeit gelegener kommen konnte als grade in dieser.

Und endlich hatten, zunächst auf Veranstaltung des Infanten *Enrico* von Portugal, die grossen Seefahrten begonnen, an denen bald auch andre Uferstaaten Theil nahmen. Waren nun gleich für den grossen Haufen die erträumten goldnen Berge der alleinige Antrieb, der die Schrecken des gefürchteten Oceans zu überwiegen vermochte, so mussten doch die wenigen Einsichtigen bald gewahren, dass die Gestirne des Himmels die einzigen untrüglichen Wegweiser darboten und dass nur ihre Beobachtung den Untergang abwenden könne, dem sie ausserdem fast unvermeidlich entgegen gingen.

So vereinigte sich alles, um einerseits das Wiedererwachen der Wissenschaften zu ermöglichen, andrerseits es zu einer unausweichlichen Nothwendigkeit zu machen. Und wenn wir später Veranlassung haben werden, der Verkennung, Verdächtigung und Verfolgung zu gedenken, welche den Beförderern der Wissenschaft zu Theil ward, so muss bemerkt werden, dass die ersten Zeiten des neu erwachten Lebens davon frei blieben, dass namentlich auch die Kirche den Männern der Wissenschaft geneigt und hülfreich entgegenkam.

Ueberhaupt war es eine Zeit, wo auf allen Gebieten mensch-

lichen Wirkens sich Grosses vollzog, wo auf kirchlichem, politischem, künstlerischem und wissenschaftlichem Boden herrliche Früchte reiften, und grosse Männer auftraten, wie sie in solcher Fülle keine frühere Zeit gekannt hatte. — Doch gehen wir über zu den Thatsachen selbst.

In Italien, das sich schon damals zahlreicher Musensitze erfreute (Bologna rühmt sich, schon 420 vom altrömischen Kaiser *Honorius* gestiftet zu sein) traten Lehrer der Mathematik und Astronomie auf, während früher, neben den theologischen Wissenschaften, nur etwa noch die Medicin sich einiger Beachtung zu erfreuen hatte. *Leonhard von Pisa* machte Europa mit der Algebra bekannt, und versuchte die Planetenrechnungen durch eine mechanische Vorrichtung zu ersetzen. *Bessarion*, der Cardinal, war der Mäcen seiner Zeit; seines Beifalls und Beistandes durften die Förderer der Wissenschaft sich für versichert halten. — *Tosonnelli*, geb. 1397, machte sich vielfach verdient als Lehrer wie als Förderer der Mathematik. — *Buonicontro*, *Bianchini*, *Georg von Trapezunt* machten sich um die Wissenschaft verdient, theils als Mathematiker, theils als Kenner und Verbreiter des Griechischen, was bis dahin in Europa so gut als ganz unbekannt war.

In Deutschland ward die Universität Wien gegründet, die in ihrer ersten vorjesuitischen Periode sich hochverdient gemacht hat. Zu ihren frühesten Lehrern gehören *Heinrich von Hessen* (Langenberg), der Theologie und Astronomie vortrug und schon 1370 ein Werk: „de astrologorum superstitione, verfasste; ferner *Johann von Gmunden*, Professor der Mathematik (um 1375 geboren), dessen Schüler *Peurbach* war, und Andre mehr.

Nicolaus von Cusa (geb. 1401) der mit *Toscanelli* verkehrte und den Einige zum Vorläufer des *Copernicus* machen wollen, ist viel zu unklar, als dass wir ihm eine astronomische Bedeutung beimessen könnten. Was der Wissenschaft Noth thut: unzweideutige, fest bestimmte, sich innerlich nicht widersprechende Sätze, hat man bei ihm nicht zu suchen.

Georg Peurbach (geb. 1423 Mai 30.), der erste deutsche Astronom, beschäftigte sich eifrig mit der Theorie der Astronomie und arbeitete an Tafeln, welche die ptolemäischen verbessern sollten.

Im J. 1452 kam der 16jährige *Johann Müller*, gewöhnlich nach seinem Geburtsorte (Königsberg in Franken) *Regiomontanus* genannt, zu ihm nach Wien und ward sein Schüler bald auch sein Mitarbeiter. Bei ihren Berechnungen bedienten sie sich der arabischen Ziffern, die früher in Europa unbekannt, wenigstens beim Rechnen nicht in Gebrauch waren. Der oben ge-

nannte Cardinal *Bessarion* suchte *Peurbach* für Italien und namentlich Rom zu gewinnen. Dieser war dazu bereit, alles war zur Reise vorbereitet, da endete ein plötzlicher Tod sein kurzes aber thatenreiches Leben. Er starb im April 1461, nur 38 Jahre alt.

Jetzt übertrug *Bessarion* seine Gunst auf den 26jährigen *Regiomontanus*, und dieser ging nach Italien, wo er neben seinen andern Arbeiten das Griechische eifrig studirte und alle Codices, die er erlangen konnte, sammelte. Der Grundtext des Almagest war es ganz besonders, der ihn beschäftigte, und bald bemerkte er, welche Fehler die lateinischen Handschriften entstellten. Bald gelangte er dahin, für den besten Kenner des Griechischen zu gelten, der damals zu finden war.

Der Tod seines Beschützers *Bessarion*, so wie Streitigkeiten mit *Georg von Trapezunt* verleideten ihm den Aufenthalt in Italien und er kehrte zurück. König *Matthias* von Ungarn trug ihm die Stelle eines Bibliothekar an; er ging dorthin, doch kriegerische Unruhen liessen ihn hier nicht lange weilen. Nun wandte er sich (1471) nach Nürnberg, wo der angesehene und begüterte *Bernhard Walther* ihn freudig empfing und auf seinem Hause in der Rosengasse eine Sternwarte für ihn errichten liess, in welcher von beiden Männern auf's fleissigste beobachtet wurde. Jetzt erst kam zu Tage, wie fehlerhaft die Ptolemäischen Tafeln waren, die man noch immer nicht aufgeben wollte, sondern zu verbessern hoffte. In Anton Coburger's Druckerei zu Nürnberg erschienen nun die Schriften des *Regiomontanus* und seines Lehrers *Peurbach*.

Vier Jahre hatte die schöne Verbindung gedauert, als der Papst unsern *Regiomontanus* nach Rom berief, um durch ihn die Kalenderverbesserung bewirken zu lassen; als Belohnung bestimmte er für ihn im Voraus das Bisthum Regensburg. Er reiste ab, aber kaum angekommen, erkrankte er an der Pest und starb im 40. Lebensjahre. Nach andern Berichten soll er von den Söhnen *Georgs von Trapezunt* vergiftet worden sein.

So mussten zwei treffliche Männer, die Deutschland mit Stolz die seinigen nennt, abtreten in der Blüthe der Jahre, und unvollendet hinterlassen die grossen Arbeiten, zu denen sie berufen waren.

Delambre, der das, was sich in Regiomontanus Schriften Astrologisches findet, mit ganz besondrer Betonung hervorhebt, während er sich in allem Uebrigem weit kürzer fast, gelangt zu dem Schlusse, dass wenn *Regiomontanus* wirklich der grösste deutsche Astronom seiner Zeit gewesen, dies nur den elenden Zustand beweise, in dem sich die Himmelskunde damals in

Deutschland befunden hätte. Wir wollen die grossen Mängel der vorcopernicanischen Astronomie, von denen auch *Regiomontanus* nicht frei war, offen zugestehen, namentlich den Franzosen gegenüber, bei denen damals die Astonomie sich allerdings nicht sowohl in einem elenden, sondern in gar keinem Zustande befand. Denn welchen Namen haben sie aufzuweisen, seit *P. d'Ailly* (der doch auch nichts Bedeutendes geleistet), 1423 hochbejahrt in's Grab gesunken war? Erst gegen Ende des 16. Jahrhunderts beginnt es sich auch dort wieder etwas zu regen, nachdem die Schreckenstage vorüber waren, die mit Verbrennung der Jungfrau von Orleans und Ludwig XI. Regierung begannen und mit der Bartholomäusnacht endeten. — Wohl findet sich in den Kalendern, die unter „maister künig spergers" Namen erschienen (wieviel Antheil er selbst daran hat, bleibe dahingestellt) auch Astrologisches; doch wäre ohne diese Zuthat damals auch nur ein einziger verkauft worden? Müssen nicht noch in unserm Jahrhundert an vielen Orten die Kalender Wetterprophezeihungen enthalten, und wird man deshalb *Bode* oder *Bessel*, welche die Himmelserscheinungen dazu liefern, der Sterndeuterei anklagen?

Nach *Regiomontanus* Tode setzte *Walther* die Beobachtungen allein fort. Seit 1484 bediente er sich dabei einer Uhr. Er starb 1504 und seine sorgfältigen Beobachtungen, namentlich des Mercur, sind für *Copernicus* bei Ausarbeitung seines Systems von grossem Nutzen gewesen. Inzwischen hatte sich in Nürnberg die Liebe zu den Wissenschaften mehr ausgebreitet; *Werner*, *Schoner*, *Behaim* und Andre setzten das Werk fort, was in *Walther's* Hause begonnen war.

Nürnberg, wohlhabend durch Kunst und Gewerbfleiss, pflegt nun auch die Wissenschaft. Auf Stadtgebiet ward die Universität Altorf gegründet, und *Melanchthon*, der Reformator, war fortdauernd thätig für deren zweckmässige Einrichtung und Besetzung.

Aber auch an andern deutschen Orten fanden sich gegen Ende des 15. und im Beginn des 16. Jahrhunderts Mitarbeiter am grossen Bau, und einige Monate vor dem Tode des letzten samarkandischen Astronomen *Al Kuschdochi* erblickte *Nicolaus Copernicus* das Licht der Welt zu Thorn (1473).

Inzwischen hatten Spanier und Portugiesen die Nothwendigkeit erkannt, bei ihren oceanischen Fahrten am Himmel sich Rath zu erholen, und sie waren auf's eifrigste bemüht, Männer zu gewinnen, die des Himmels kundig waren. Wer nachweisen konnte, ein Schüler des *Regiomontanus* gewesen zu sein, war der besten Aufnahme und Verwendung dort gewiss. Es entstand die „neue" Kunst, nach den Sternen zu schiffen,

und die Fahrten von *Diaz*, *Gama*, *Columbus*, *Cabot* und *Cabral* wurden von astronomisch gebildeten Piloten geleitet. Aber noch ein zweiter nicht minder wichtiger Vortheil erwuchs aus dem neuen Verfahren. Die entdeckten Küsten und Inseln konnten jetzt in Kartenbildern niedergelegt und von allen künftigen Oceanfahrern im gesicherten Curse wieder erreicht werden; die Entdeckungen hatten fortan bleibenden Werth. Der *Zeni* und *Marco Polo* hatten viel gesehen, aber was haben sie gesehen? Wo sind die *Estotiland*, *Friesland* und *Engrove*-Land? Noch heut weiss man nichts von ihnen, und es wird wohl für immer ungewiss bleiben wo sie zu suchen sind. Fortan ist die Geschichte der Entdeckungen gleichzeitig eine Geschichte des Fortschritts der Erdkunde, vermittelt durch Himmelskunde.

Wir haben jetzt Seekarten wie wir Landkarten haben; jede Untiefe, jedes Riff, jeder Strudel ist auf ihnen genau verzeichnet; jedes Fahrzeug kann sie leicht vermeiden und woher dieses Alles? Nur die Astronomie konnte die Mittel dazu bieten.

Freilich nur nach und nach gelangte man zu dieser Ueberzeugung. Noch geraume Zeit hindurch gab es Seeschiffer, die einzig mit Compass und Logleine Bescheid wussten und die Schwierigkeiten der astronomischen Berechnung dadurch zu umgehen glaubten; allein die schweren Verluste an Menschenleben und Gütern, welche diese Vernachlässigung verschuldete, mussten schliesslich auch den Gleichgültigsten überzeugen, dass Uhr und Wegweiser auf der Wasserwüste nur am Sternhimmel dargeboten sind. —

Wir treffen noch auf einen letzten Versuch, das täglich ungenügender werdende Ptolemäische System zu retten. *Fracastor*, ein eifriger Himmelsforscher, kehrte zu den Sphären des *Eudoxus*, jedoch ideal gefasst, zurück. Er setzte Kreise auf Kreise und brachte mit grosser Mühe ein höchst verwickeltes und demnach, wie sich bald herausstellte, ungenügendes System zu Stande. Nicht weniger als 70 Cyclen bedurfte er für die Bahnen von sieben Weltkörpern. Und *Apianus*, schon ein Zeitgenosse des *Copernicus*, construirte ein Kunstwerk, *Astronomicon Caesareum* genannt, wo er durch ein System beweglicher Kreisscheiben, die auf verschiedene Ebenen eingestellt waren, den Lauf der Planeten darzustellen versuchte.

Dies waren die letzten Anstrengungen, die so ängstlich festgehaltene Ruhe der Erde zu sichern. Das sehr kurze Leben, was diesen Systemen vergönnt war, steht in keinem Verhältniss zu der grossen Mühe, die sie ihren Urhebern gemacht hatten.

Nicolaus Copernicus ward am 19. Febr. 1473 zu Thorn in Westpreussen, das damals unter polnischer Oberhoheit stand, aber seine provinzielle Selbständigkeit behauptete, geboren. Sohn eines

Bäckermeisters und schon im 9. Jahre vaterlos, hatte er das Glück die Aufmerksamkeit seines Oheims *Lucas Watzelrode*, eines angesehenen Geistlichen, zu erregen. Dieser bemerkte bald die grossen Fähigkeiten des Knaben und sorgte für dessen Erziehung. Er bezog später die Universität Krakau, und hörte insbesondere die Vorlesungen des Mathematikers *Brudzewsky*, jedoch auch Theologie und Medizin betrieb er eifrig. Mit einigen gleichstrebenden Jünglingen, *Illuski*, *Kobylin* und *Waposki*, schloss er einen engen Freundschaftsbund, und sie haben ihm später bei seinen Beobachtungen geholfen. 1500 ging er nach Italien und fand hier an *Dominicus Maria* einen eifrigen und kundigen Freund der Himmelskunde. Seine erste Beobachtung ist eine Mondfinsterniss von 1500 in Rom. Zurückgekehrt, ward ihm die Professur seines inzwischen gestorbenen Lehrers angetragen: er schlug sie aus, da er glaubte selbst noch lernen zu müssen, bevor er lehren könne. Sein Oheim verschaffte ihm ein Canonicat in Frauenburg, wo er fortan seine Wohnung nahm und seine Beobachtungen mit einem Instrument einfachster Construction anstellte. — 1506 begann er seine Untersuchungen.

Wir kennen den Gang derselben nicht im Einzelnen. Er liebte es, in der Stille zu forschen, besonnen und ohne Vorurtheil nicht die Menschen, sondern den Himmel um Rath zu fragen und alles auf's Strengste zu prüfen. So arbeitete er ruhig an dem einzigen Werke was wir von ihm besitzen: „*de revolutionibus orbium libri sex*“ Nur durch die strengste Ordnung in allem, was er vornahm, ist eine Thätigkeit wie die des *Copernicus* erklärlich. Er war ein berühmter und vielgesuchter Arzt; er hatte die Angelegenheiten des Domkapitels, Preussen und Polen gegenüber, zu leiten; er führte einen grossen Schleusenbau für Frauenburg aus, den niemand vor ihm zu Stande bringen konnte; er ordnete das in die höchste Verwirrung gerathene Münzwesen, und wurde in den verschiedensten Angelegenheiten consultirt. Und neben allen diesem ein wissenschaftliches Werk, wie die Welt es noch nie gesehen!

Er hatte anfangs nicht die Absicht es durch den Druck zu veröffentlichen, sondern wollte es nur privatim einigen Fachgenossen mittheilen. Aber die beharrlichen Bitten seiner Freunde, des Cardinal *Schomberg*, des Bischofs *Gysius*, des Wittenberger Professors *J. G. Rheticus* und seiner Krakauer Freunde, bestimmten ihn, es in Nürnberg drucken zu lassen. Dennoch war es nahe daran zu Grunde zu gehen. Die Mönche, diese ewigen und unversöhnlichen Feinde j e d e s Fortschritts hetzten den Pöbel auf, die Druckerei zu zerstören, wo ein teuflisches Werk unter der Presse sei. Doch ward es gerettet

und der Druck nach einiger Zeit wieder begonnen. Aber er schritt so langsam vor, dass *Copernicus*, als das erste Exemplar nach Frauenburg gelangte, schon der Sprache beraubt auf dem Todbette lag und bald darauf im 71. Jahre starb.

Wir haben in seinem System den wesentlichen Theil, der ewig dauern wird, von dem zu unterscheiden was noch mangelhaft war und später verbessert wurde. Die Sonne im Centrum, die Erde ein Planet, wie die andern sich um ihre Axe drehend, und gleichzeitig um die Sonne kreisend, der Mond um die Erde als ihr Trabant laufend. — Von allen zahlreichen Feinden, die an diesen Sätzen zum Ritter werden wollten, hat noch nicht ein einziger den Nachweis auch nur versucht, der hier allein entscheiden kann, die Rechnung. — Ein zweiter Theil des Systems: die excentrischen Kreise, die theilweis beibehaltenen Epicyclen, und noch einiges Andre war dagegen der Verbesserung fähig und ist verbessert worden, sobald die Beobachtungen hinreichende Schärfe erlangt hatten, um bessern zu können. So sind die elliptischen Planetenbahnen nicht copernicanisch, sondern keplerisch und eben dies gilt noch von einigen andern Sätzen. Dies wären die Angriffspunkte gewesen, freilich nur für die, welche anzugreifen verstanden. Statt dessen sehen wir, dass sie den Streit auf ein fremdes Gebiet hinüberzuspielen versuchen. Aber, wie *Copernicus* in seiner Widmung an Papst Paul III. bemerkt: „Mathematische Werke werden auch nur für Mathematiker geschrieben.“ — Wer in einer Wissenschaft reformiren will, studire allem zuvor diese Wissenschaft gründlich, und sehe dann zu, ob sich in ihr reformbedürftige Sätze finden und ob er sich fähig fühlt, die Reform vorzunehmen.

Doch zur Sache. Die neue Theorie bedurfte, um allgemeine Anwendung zu finden, der nach ihr berechneten Tafeln, für für welche *Rheticus* thätig war. Es erschienen die Prutenschen Tafeln, welche bald die ptolemäischen verdrängten. Die Resultate der nach diesen Tafeln ausgeführten Berechnungen überzeugten viele, die anfangs Gegner des *Copernicus* gewesen waren; so z. B. *Moestlin*, der im Alter einer der entschiedensten Anhänger des Franenburger Astronomen wurde, und eben so *Tycho Brahe*, wie wir später sehen werden.

Aber der kleinen Zahl gründlicher Forscher stand die grosse Zahl derer gegenüber, die es bequemer fanden, nicht zu rechnen. Wir werden ihre Beweisart bald kennen lernen.

Rheticus hatte, auf den Rath des *Copernicus* noch ein andres Werk unternommen, das er nicht zu beendigen hoffen konnte: die Berechnung der trigonometrischen Linien. Er bildete sich daher einen fähigen Schüler, Otho, der nach langjähriger Arbeit

1604 dahin gelangte, das Opus Palatinum, wie er es nannte, erscheinen zu lassen. Die Berechnungen der Astronomen (und nicht dieser allein) wurden dadurch nicht nur sehr erleichtert, sondern eigentlich erst möglich gemacht, wenigstens was die genaue Ausführung betrifft.

Aber wir müssen ein demüthigendes Eingeständniss machen. Die so erfreuliche Thätigkeit, die mit *Peurbach's* Auftreten in der deutschen Astronomie begonnen hatte, die Deutschland eine Art von Primat in der Himmelskunde gab, und das Ausland seine Lehrer bei uns suchen liess — sie erhielt sich nicht so wie man hoffen durfte. Theologische Zänkereien nahmen die besten geistigen Kräfte der Nation in Anspruch; Naturwissenschaften und Mathematik traten in den Hintergrund, und die Zierden Wittenbergs, *Rheticus* und *Reinhold*, verliessen diese Universität noch rechtzeitig; sie wären bei längerem Verweilen wahrscheinlich vertrieben worden. Nur in Cassel, unter den Auspicien des trefflichen Landgrafen *Wilhelm IV.*, förderten *Rothmann*, *Christmann* und *Byrg* die Himmelskunde auf der vom Fürsten errichteten Sternwarte, die er, bis Regierungsgeschäfte es ihm unmöglich machten, persönlich benutzt hatte. Aber sein Tod machte auch der Casseler Astronomie ein Ende.

Bedeutender war jedenfalls die Wirksamkeit *Tycho Brahe's*, eines dänischen Edelmannes. Seine Familie hatte ihn für Jurisprudenz bestimmt; seine Neigung machte ihn zum Astronomen. Eine genau nach der Vorausberechnung statt findende Sonnenfinsterniss erregte die grösste Bewunderung des 16jährigen Jünglings; er verschaffte sich heimlich Bücher und Instrumente und opferte seine Nachtruhe, um unbemerkt zu studiren und zu beobachten. Bald musste er wahrnehmen, um wie vieles richtiger die nach *Copernicus* berechneten Tafeln, als die alten ptolemäischen mit dem Himmel übereinstimmten, und er ward der aufrichtigste Bewunderer und Anhänger des astronomischen Reformators. Sein Ruf ging vor ihm her; als er aus Deutschland zurückkehrte, ward er aufgefordert den Prinzessinnen des dänischen Hofes die Himmelskunde vorzutragen, und er unterliess nicht, in diesen die grossen Vorzüge des Copernicanischen Systems hervorzuheben. — *Friedrich* III. schenkte ihm die Insel Hveen im Sunde und eine bedeutende Beihülfe zum Bau einer Sternwarte, die damals nicht allein für Europa, sondern überhaupt die grösste, prächtigste und am besten ausgerüstete war, welche existirte. *Tycho* gab ihr den Namen Uranienburg und sie war gleichzeitig seine eigne, die seiner Familie und seiner Schüler Wohnung, so wie chemisches Laboratorium. Im Hauptsaale stellte er die lebensgrossen Bildnisse berühmter Astronomen auf: *Copernicus*, den von ihm am höchsten geachteten,

in der Mitte. Als die Domherren von Frauenburg ihm das einfache Instrument, dessen *Copernicus* sich bedient hatte, zum Geschenk zusandten, war er vor Freude ausser sich, und das schöne Lobgedicht, was er bei dieser Gelegenheit auf *Copernicus* und sein System verfasste, ist das begeistertste, was je über diesen Gegenstand geschrieben worden.

Tycho's erste Entdeckung ist der berühmte Stern von 1572, den er, so lange er sichtbar blieb, aufmerksam verfolgte und seinen Ort genau bestimmte. Von 1577 an datiren seine Kometen- und Planetenbeobachtungen; insbesondere des Mars. Ein Catalog von 777 Fixsternen kam gleichfalls zu Stande. Da die Kometen ihm keine messbare Parallaxe zeigten, während doch eine solche von nur 2 – 3 Minuten in seinen genauen Beobachtungen sich hätte zeigen müssen, so schloss er, dass die Kometen viel weiter als der Mond von uns stehen müssten. Dies verwickelte ihn in die heftigsten Streitigkeiten: alle nur erdenklichen Gründe wurden hervorgesucht, *Tycho's* Beobachtungen verdächtigt, ihm sein Lutherthum vorgeworfen, ja der erbitterte *Chiaramonti* schrieb einen *Anti-Tycho* voll der unwürdigsten Schmähungen gegen den Astronomen. Verwundert wird man fragen, woher dieses Alles? Der Kometenwahn, den damals nicht der grosse Haufe allein, sondern die angesehensten und hochgestelltesten Männer wie ein religiöses Dogma festhielten, so dass jeder Zweifel daran für verdammliche Ketzerei galt, drohte unterzugehen, sobald die Kometen unserm Luftkreise entrückt wurden. Und diejenigen, die bei jeder Erscheinung eines augenfälligen Kometen nichts Angelegentlicheres zu fragen haben als was die Kometen bedeuten, sind ja selbst heute, im Jahre des Heils 1866, noch immer nicht gänzlich verschwunden.

Natürlich behielt *Tycho* Recht; und nicht lange, so trat *P. Sanchez* als erster Kämpfer offen gegen die Kometomantie auf. Man muss den hohen Muth dieses Mannes bewundern, der damals so etwas, und zwar in Spanien wagte!

Bald folgten *Gassendi* und andre namhafte Männer und so musste wohl das Schreckgespenst je länger desto mehr an Kraft verlieren. — Doch zurück zu *Tycho*.

Seine Sternwarte ward nicht leer von Besuchern; selbst Könige und Fürsten kamen, um die weltberühmte Uranienburg und den gefeierten *Tycho* zu sehen. Zahlreiche Schüler hatten sich um ihn gesammelt und er hatte eine zweite und zwar unterirdische Warte, die Sternenburg, angelegt, um alle beschäftigen zu können und gleichzeitig den Störungen des Windes nicht ausgesetzt zu sein; — da starb sein Freund und Beschützer, *Friedrich* III., und um den noch unmündigen König *Christian* IV. drängten sich die Feinde des Himmelsforschers,

vor allem der Minister *Walkendorp*. Eine Untersuchungs-Commission bei der kein einziger Astronom sich befand — wir wollen zur Ehre der Wissenschaft glauben, dass keiner sich dazu hergab — ward abgeordnet und berichtete, die Gelder des Staats würden hier zu unnützen Dingen verwendet. Da auch die Intercession mehrerer Fürsten — des Landgrafen von Hessen, des Kurfürsten von Brandenburg und andrer, nichts fruchtete, so verliess *Tycho* ein Land, das nicht länger seiner werth war, und die Uranienburg ist spurlos von der Erde verschwunden.

Tycho fand Aufnahme in Prag bei Kaiser *Matthias* und während er hoffte hier ein zweites Uranienburg zu gründen, ereilte ihn der Tod am 15. October 1601 im 55. Lebensjahre.

Tycho, der in Uranienburg eine eigne Druckerei für seine Werke eingerichtet hatte, hinterliess deren mehrere, unter denen die *Astronomia instaurata* das Wichtigste ist, da er darin seine Beobachtungsmethode und seine Instrumente beschreibt. Uebrigens sind nicht alle seine Schriften astronomischen Inhalts; denn auch in der Arzneikunst und der Chemie war er Meister.

Drei Jahre nach dem Tode des *Tycho* erschien zu Frankfurt ein Gesammtwerk, in denen Vieles schon anderweitig Gedruckte, z. B. die Schrift über den neuen Stern von 1572, abermals vorkommt. Es soll nach der Vorrede bereits 1588 im Druck begonnen sein, was nicht sehr wahrscheinlich ist. Im dritten Theile dieses Werks handelt ein Kapitel vom Sonnensystem, und hier findet man das, was man Tychonisches System genannt hat, ob mit Recht oder Unrecht, bleibe dahingestellt.

Dieses System ist ein totgebornes, denn nie ist es angewandt, nie sind Tafeln danach verfasst, nie Rechnungen danach ausgeführt worden, weil es zu allen diesem absolut unfähig ist. Es ist eines so scharfsinnigen Forschers und kundigen Astronomen, wie wir *Tycho* kennen gelernt, gänzlich unwürdig. Und endlich ist die Unterschrift schon gleich anfangs bestritten worden, denn *Raimund Ursus*, ein Schüler *Tycho's*, beanspruchte die Priorität. Was soll man nun glauben?

Ein System, mit dem verglichen das alte ptolemäische noch ein grosser Fortschritt wäre — (denn dies ist wenigstens gebraucht, und nicht ohne allen Erfolg gebraucht worden) — dass die Sonne Schraubengänge von ungleicher Weite um die ruhende Erde beschreibe und die Planeten bei ihrer Bewegung um die Sonne alle diese Schraubengänge mit beschreiben lässt — dieses System soll herrühren von dem grössten praktischen Astronomen seiner Zeit, von demselben Forscher, der aus seiner eignen

Beobachtung sehr bald erkannte, wie vortrefflich das Copernicanische System mit dem Himmel übereinstimme?

Wir fügen noch hinzu, dass auch in den Schriften gegen *Tycho* die vor 1604 erschienen, von diesem System nirgend die Rede ist und augenscheinlich Niemand es kennt. — Wir überlassen es Jedem, diesen Sachverhalt zu erwägen, und fordern diejenigen, die uns heut noch das Tychonische System empfehlen, hiermit auf, irgend eine Rechnung auf Grundlage desselben zu versuchen.*)

Nur 7 Jahre nach *Tycho's* Tode ward eine Entdeckung gemacht, die allen Naturwissenschaften, am meisten jedoch der Astronomie, zu Statten kam: — das Fernrohr. Denn 1608 überreichte *Lippershey*, ein Optiker zu Middelburg in Holland, den Behörden daselbst das erste Fernrohr mit der Bitte um ein Privilegium für Anfertigung und Verkauf des Instruments. Schon 1609 verfertigte auch *Zacharias Jansen* ein ähnliches, und rasch verbreitete sich das wichtige Hülfsmittel, trotz der Bemühungen es geheim zu halten, über Europa.

Anfangs ward das Fernrohr nur zur nähern Betrachtung, nicht zur eigentlichen Beobachtung von den Astronomen gebraucht, aber auch in dieser Beschränkung erregte es das grösste Erstaunen. Gleichsam mit Einem Schlage wurden jetzt Entdeckungen gemacht, wie sie nie erhofft worden waren. Wir treten mit ihm in ein neues Stadium der praktischen Astronomie. *Tycho* hatte das Höchste geleistet, was ohne Fernrohr geleistet werden konnte; mit seinen Beobachtungen war sein Ziel erreicht, das nicht hätte überschritten werden können ohne dieses neue Mittel.

Zunächst hatten allerdings die Regierungen nur den Vortheil im Auge, den das Fernrohr für die Kriegführung haben könne: Die Generalstaaten in ihrem Landkriege gegen Spanien, die Venetianer im Seekriege gegen die Türken. Daher die den Erfindern anfangs auferlegte Bedingung, nur für die Staatsbehörden zu arbeiten. Aber dies liess sich nicht halten; bald hörte man von Nacherfindern in verschiedenen Ländern und das Fernrohr trat in den Dienst friedlicher Wissenschaft, und dieser Dienst ist es, den wir zu schildern haben.

---

*) In einem uns erhaltenen Briefe an den Wittenberger Mathematiker *Peucer* hatte *Tycho* gegen einige Sätze des *Copernicus*, welche die Epicyclen betrafen, Bedenken erhoben, und hier war er im vollen Rechte. — In seinen letzten Lebenstagen, während des Fieber-Deliriums, soll er an *Kepler* das Ansinnen gestellt haben, „sein System" statt des Copernicanischen anzuwenden. Vielleicht kann dies die räthselhafte Entstehung des Systems einigermassen aufhellen.

Galileo Galiläi, geb. 1564 am 18. Febr. zu Pisa, zeigte schon in seinen Knabenjahren Neigung zur Mathematik und den Naturwissenschaften. Die pendulirenden Bewegungen der in der Kirche hängenden Kronleuchter waren der erste Anfang seiner Untersuchungen über den Pendel. Aber selbstständige Forschungen auf dem Gebiet der Naturkunde waren nicht das, was die damals in Italien die Wissenschaft beherrschenden „Peripatetiker" wollten. Nur durch Vergleichung der alten Texte, behaupteten sie, könne die Wahrheit gefunden werden; alles Uebrige sei eitel und verdammlich. Hätte *Galiläi* sein Fallgesetz aus dem *Aristoteles* gezogen, so wäre er gefördert und belohnt worden; aber er gründete es auf eigne Forschungen und man nahm ihm seine Professur. Am Hofe des Grossherzogs zu Florenz fand er Aufnahme.

Das aus den Pendelbewegungen abgeleitete Fallgesetz ist der erste Keim zu dem Newtonschen Gravitationsgesetze, und *Galiläi* unterliess nicht, es in seinen weiteren Consequenzen zu untersuchen: der Fall auf schiefer Ebene, die Bewegungshemmung durch Widerstand, und Anderes finden wir bei ihm entwickelt. Als Arzt bediente er sich des Pendels zum genaueren Zählen des Pulses.

Als die Kunde von der in Holland gemachten Erfindung nach Florenz gelangte, sann er über das Problem nach, und brachte ein Fernrohr eigner Erfindung zu Stande, das im Prinzip von dem holländischen ganz verschieden, den Namen des Galiläischen führt. Sofort richtete er es gegen den Himmel, entdeckte in rascher Folge die Jupitersmonde, die Lichtgestalt der Venus, die Gebirge des Mondes und noch vieles Andre, was er unter allen Menschen zuerst gesehen. Gross war seine Freude, aber grösser noch die Wuth der Peripatetiker; an ihrer Spitze der Verfasser des Antitycho, Chiaramonti, der erbittertste und beharrlichste Verfolger *Galiläi's*. Sie weigerten sich, durch sein Fernrohr zu sehen, und die es thaten, behaupteten nachher, alles sei Blendwerk des Teufels.

Bei solchen Menschen konnte natürlich das Copernicanische System, dessen eifriger Anhänger *Galiläi* war, keine Gnade finden. Stand es ja doch weder in der Bibel noch im *Aristoteles*, und *Galiläi* führte seine Beweise „nur" aus der Mathematik. — Wenn wir sehen, dass *Galiläi* und andre Zeitgenossen ihre Entdeckungen in Anagramme versteckten und Buchstaben versetzten, so hat man darin weder Geheimnisskrämerei noch andre eines Forschers unwürdige Motive zu suchen, sondern nur die damals so nothwendige Vorsicht. So schrieb *Galiläi* an *Kepler* (10. Dec. 1610):

„Haec immatura a me jam frusta leguntur. O. Y."

welcher unverständliche Satz die Buchstaben enthält zu Folgendem:

Cynthiae figuras aemulatur mater amorum

womit *Galiläi* seine Entdeckung der Venusphasen meint.

Es war seinen Feinden gelungen, ihn beim römischen Hofe zu verdächtigen; das Copernicanische System bildete den Hauptanklagepunkt. Er schrieb den Saggiatore, ein Werk, in welchem ein Dialog zwischen einem Anhänger des Ptolemäischen und einem des Copernicanischen Systems den Hauptinhalt macht, und in welchem er jede Entscheidung vermeidet. Er legte das Werk der römischen Censur vor; das Imprimatur ward ihm ertheilt, und dennoch gelang es seinen Feinden, ihn darauf anzuklagen. Er ward in den Inquisitionskerker geworfen; wie man ihn dort behandelte, bleibt Geheimniss dieses lichtscheuen Gerichts; endlich legte man ihm eine Abschwörungsformel vor, die der gebeugte 70jährige Greis nachsprechen musste. Diese Formel wenigstens ist glücklicher Weise erhalten, sie findet sich in *Riccioli's* Almagestum Novum Th. III. p. 499 ff., und ihre Durchlesung muss Jeden überzeugen, dass die in unserm Jahrhundert versuchte Behauptung: *Galiläi* sei n i c h t wegen des Copernicanischen Systems verurtheilt worden, einfach eine Lüge ist.

Die Kerkerhaft ward nun in eine Verbannung nach Arcetri verwandelt. Halberblindet ging *Galiläi* aus dem Gefängniss hervor — um weiter zu forschen. Noch eine wichtige Entdeckung gelang ihm: die Libration der Mondkugel; er machte sie mit dem letzten Reste seines Augenlichts; bald darauf ward er völlig blind. „Ich grüble in meiner Finsterniss," so schreibt er einem Freunde, „bald diesem bald jenem Gedanken nach, und kann meinen rastlosen Kopf nicht zur Ruhe bringen, so gern ich es auch möchte."

Noch zwei Werke über Mechanik und über die Gesetze der Bewegung sind die Früchte dieser späten Periode. Er schlug die Jupiterstrabanten, namentlich deren Verfinsterungen zu Längenbestimmungen vor. Der 8. Januar 1643 war das Ende seiner Thaten und seiner Leiden.

Es ist den Feinden des grossen Mannes gelungen, einen Theil seiner noch nicht gedruckten Schriften zu vernichten, doch das Meiste ist uns erhalten. Er ist der erste, der das E x p e r i m e n t zur Grundlage alles Forschens in der Natur gemacht hat, und dies ist es, was seine Gegner so erbitterte. Zu welchen Mitteln sie griffen, davon nur ein Beispiel. Ein Mönch ward angestiftet, eine Predigt über die Schriftstelle: „Viri *G a l i l ä i*, quid statis adspicientes in coelum" zu halten und darin *Galiläi* und seine Forschungen aufs Unwürdigste zu verhöhnen.

Nie möge das Andenken an diese Vorgänge vergessen werden. Der Name *Galiläi* diene in allen künftigen Zeiten zum Schreckbilde, entgegengehalten denen, welche es versuchen möchten, die Menschheit zurückzuversetzen in die alte Knechtschaft. Wir kennen die Feinde unsers Strebens, wir wissen, dass sie unversöhnlich sind, aber wir wissen auch, wie ihnen begegnet werden muss.

Johann Kepler, geb. 1571 am 27. Dec. zu Magstatt bei Weil in Würtemberg, hatte von seinen in ärmlichen Umständen lebenden Eltern nur wenig Pflege erhalten und sehr dürftigen Schulunterricht genossen; dennoch zeigten sich schon im 16. Jahre seine Talente so entschieden, dass er Aufnahme in einem theologischen Seminar fand. Aber die starre Unduldsamkeit der dortigen Leiter der Anstalt ward ein Hinderniss für seine Anstellung als Prediger; man gab ihm zwar das Zeugniss eines gewandten Redners, aber es war ihm unmöglich, Andersdenkende so wüthend zu hassen, als seine Lehrer es forderten. Er ward Lehrer der Mathematik am Gymnasium zu Grätz in Steyermark. Indess machte die Duldsamkeit, welche die Protestanten damals hier genossen, einer harten Verfolgung Platz, als der fanatische Erzherzog *Ferdinand* zur Regierung kam, alle Protestanten mussten das Land räumen. Er ging nach Ungarn, aber noch auf der Reise ereilte ihn die Nachricht, dass man ihn ausnahmsweise in Grätz dulden wolle. Er kehrte zurück, und nachdem er das Ansinnen, ein heimlicher Jesuit zu werden, abgelehnt, „da er das Heucheln nicht gelernt habe" und die „Duldung" täglich intoleranter wurde, nahm er das Anerbieten *Tycho's*, zu ihm nach Prag als sein Gehülfe zu ziehen, an. Doch hatte er vorher noch einen Versuch gemacht, eine Stellung in Würtemberg wieder zu gewinnen.

Kepler war dnach *Tycho's* Ableben Direktor der Sternwarte in Prag, die er noch mit Fernröhren auszurüsten das Glück hatte. Er hat fleissig und genau beobachtet, allein sein Hauptverdienst besteht in seinen theoretischen Arbeiten. Seine berühmten drei Gesetze, an denen er lange Jahre aufs eifrigste geforscht, bilden das unvergängliche Denkmal des grossen Mannes. Nach diesen Regeln war ein consequentes und genaues Rechnen eigentlich erst möglich geworden, und nur die Störungstheorie fehlte noch. Die Prutonischen Tafeln wurden durch die Rudolphinischen ersetzt, die *Kepler* zu Stande brachte.

Er hatte übrigens beginnender Augenschwäche wegen seine Stellung in Prag aufgegeben und war nach Linz gegangen. Der lange traurige Krieg in Deutschland hatte auch für ihn üble Folgen. Sein Gehalt blieb aus oder ward nur spät und nur theilweise bezahlt, die Rückstände wuchsen an und nie ist er

zu einem gesicherten Wohlstande gelangt. Dazu der Hexenprozess, den man seiner alten Mutter gemacht hatte. Wer irgend Interesse daran hat, möge in *Breitschwert's* Leben *Kepler's* das ekelhaft widerwärtige Weibergeklatsch nachlesen, mit dem meine Feder nichts zu thun haben soll. *Kepler* intercedirte schriftlich und zuletzt persönlich bei den würtembergischen Gerichten. Allerdings gelang es ihm, das Aergste zu verhindern; sie wurde nicht lebendig gebraten, auch nicht wirklich gefoltert, sondern nur damit bedroht, aber aus 7jähriger Kerkerhaft erlöste sie nur der Tod im 76. Jahre ihres gequälten Lebens.

Kepler war 1630 im Winter nach Regensburg gereist, um dort den Versuch zu machen, endlich sein rückständiges Gehalt zu erlangen; diese Hoffnung schlug gänzlich fehl; er erkrankte und starb am 15. Nov. 1630.

Seine erste Frau, *Barbara v. Mühleck*, war im Wahnsinn gestorben; die zweite, *Susanna Rettinger*, überlebte ihn, so wie mehrere Kinder. Die selbstverfasste Grabschrift lautet:

Mensus eram coelos, nunc terrae metior umbras,
Mens coelestis erat, corporis umbra jacet.

Das war der Mann, den *Newton* seinen Lehrer genannt hat! Das war der Forscher, dem Undank, Verkennung und Verdächtigung, sowie Nahrungs- und Familiensorgen aller Art nicht hinderten, die ewigen Gesetze des Weltbaues zu erforschen. Manche haben gemeint, das Sonnensystem müsse eigentlich nicht das *Copernicanische*, sondern das *Kepler'sche* heissen, Wir sind dieser Meinung nicht, denn die Grundlage rührt von ersterem, und die Verbesserung von letzterem her. Noch lieber würden wir es allerdings sehen, wenn man auch hierin dem *Copernicus* gefolgt wäre, der jedesmal, wenn Andere von seinem System sprachen, rasch entgegnete: „Nicht mein System, sondern Gottes Ordnung!“

Wir haben zwei Lebensbilder gezeichnet, wie sin in unseren Tagen sich nicht mehr wiederholen. Wir werden die Kämpfe nicht abermals zu bestehen haben, die jenen Herren der Wissenschaft das Leben verbitterten. Die Geschichte der Himmelsforschung nimmt fortan einen ruhigeren Verlauf; sie breitet sich aus auch über die Länder, die bisher theilnamlos zur Seite standen.

Longomontanus, ein Schüler *Tycho's*, war mit ihm nach Prag gegangen und hatte dort an den Beobachtungen Theil genommen; in Gemeinschaft mit *Kepler* 1607 den *Halley'schen* Cometen bestimmt. Später ging er nach Dänemark zurück und übernahm dort eine Professur der Mathematik.

Nicht mit ihm zu verwechseln ist der gleichzeitige ***Lansberg***, der sich auch an astronomischen Tafeln versuchte und sich in der Vorrede sehr zuversichtlich darüber ausspricht. Aber nach dem Urtheil der Astronomen waren sie unvollkommener als die Keplerischen, auch haben sie sich nicht lange in Gebrauch erhalten.

Schon *Galiläi* hatte den Versuch gemacht, die Oberfläche des Mondes zu zeichnen. Er gelangte nicht zum Ziele und eben so wenig *Langrenus*, *Hirschgarten*, *Schirläus de Rheita*. Wir haben uns über dieses wiederholte Misslingen nicht zu wundern. Mit noch unvollkommenen Fernröhren, ohne Mikrometer, ohne eine gesicherte Aufstellung des Instruments und noch unbekannt mit den feineren Correctionen des Mondortes, so wie mit den Gesetzen der Libration, konnten sie keine auch nur annähernd genauen seleographischen Oerter erhalten. Wir werden sehen, dass erst die Mitte des 18. Jahrhunderts ein zwar kleines, aber gleichwohl brauchbares Mondbild zu Stande brachte.

In Frankreich treffen wir endlich auf ernste wissenschaftliche Arbeiten. ***Auzout*** lieferte das erste, freilich noch unvollkommene Mikrometer, und Gradmessungen begannen hier fruher als in anderen europäischen Ländern. ***Picard*** führte die erste aus und mass im nördlichen Frankreich mehrere Grade im Meridian von Paris. ***Boulliau*** widersprach denen, welche die Anziehung einfach der Entfernung umgekehrt proportional setzten, und schloss auf speculativem Wege, dass, wenn überhaupt eine Anziehung Statt finde, diese nur dem Quadrat der Entfernung umgekehrt proportional sein könne.

René Descartes, geb. 31. März 1596, gehört zwar nicht zu den praktischen Astronomen, überhaupt nicht zu den experimentirenden Naturforschern, wohl aber zu den geistreichsten Gelehrten jener Zeit. Er stellte ein System der Bewegungen auf, dass sich zwar später als unhaltbar herausstellte, damals aber durch den eleganten Styl des Verfassers sehr viel Anhänger gewann. Um jeden Centralkörper herum sollten Wirbel bestehen und alle in den Bereich desselben kommende dunkle Weltkörper in diese Wirbel hineingerissen werden. So lange ein solcher Centralkörper leuchte, behält er auch seinen Wirbel, verliert ihn aber, wenn er seinen Glanz, etwa durch Ueberhandnehmen der Flecke, einbüsst. Dann werden die umlaufenden Körper und er selbst von einem benachbarten Wirbel ergriffen und kreisen um ein anderes Centralgestirn. Erhält jedoch der frühere Centralkörper seinen Glanz wieder, so nimmt er auch aufs Neue Besitz von seinem früheren Anhange und es erfolgt eine restetutio in integrum.

Man ist versucht, das ganze System ironisch zu nehmen

und zu glauben, dass *Descartes* irgend einen gestürzten und wieder emporgekommenen Monarchen im Sinne gehabt habe. Indess der Grundirrthum, als sei Selbstleuchten eine nothwendige Bedingung der anziehenden Kraft und eben so umgekehrt, war älter und weiter verbreitet als *Descartes* System.

Er wollte in keine gelehrte Körperschaft eintreten und sich durch keine amtliche Verpflichtung binden. Im J. 1649 ging er nach Stockholm in Folge wiederholter Aufforderungen der Königin Christine; aber bald erlag er dem rauhen Klima und starb am 11. Febr. 1650. Noch lange nachher versuchte man in Frankreich, die Descartes'schen Wirbel gegen *Newton's* Gravitationslehre zu behaupten, ja in neuester Zeit ist *Lavezzari* mit einem Systeme Neo-Cartesien ans Licht getreten; allein dieser verspätete Cartesianer hat nicht die mindeste Aussicht, Proselyten zu machen.

In England beobachtete *Torporley* schon im Anfang des 17. Jahrhunderts Kometen, und *Norwood* mass einen Grad des Meridians. Dagegen hat *Baco v. Verulam* mit seinem Novum Organon, trotz dss grossen Lärms, mit dem er es in die Welt sandte, weder in der Astronomie noch in irgend einer anderen Naturwissenschaft auch nur den allergeringsten Nutzen geleistet, und wir nehmen keinen Anstand, dem Urtheile *Liebig's* über diesen Autor vollkommen beizutreten. Sein Grundsatz: vor allem Fakta zu sammeln, und diese zur Grundlage aller Philosophie zu machen, ist allerdings richtig, aber ist er neu, und kann man die Anwendungen, die er selbst davon macht? ohne Achselzucken lesen?

In Deutschland entstand die Frage: ob *Fabricius* oder der Jesuit *Scheiner* zuerst die Sonnenflecke entdeckt habe. Wir glauben, Beide bona fide. Hat *Fabricius* sie früher entdeckt, so hat er sie doch nicht früh genug bekannt gemacht und *Scheiner* konnte nichts davon wissen. Bezeichnend für jene Epoche ist übrigens die Antwort, welche *Scheiner* nach Mittheilung seiner Entdeckung an den Pater *Provincial* von diesem erhielt: „Ich habe meinen ganzen *Aristoteles* durchgelesen und nichts von Sonnenflecken darin gefunden. Beruhige Dich also, mein Sohn; die Flecke waren entweder in Deinem Auge, oder im Glase.“ Andere widersprachen den Sonnenflecken, da dass Sonnenfeuer ein durchaus reines, ja das reinste von allen Feuern sei.

Die Erfindung der Logarythmen ist zwar keine specifisch astronomische, aber dennoch für die rechnende Himmelskunde von solcher Wichtigkeit, dass wir sie nicht ganz übergehen können. Man behauptet, *Justus Byrg*, der mit Landgraf *Wilhelm IV.* zu Cassel beobachtete, sei der Erfinder, habe sie aber

geheim gehalten. Echte Erfinder aber halten, was sie erforscht, nur so lange geheim, bis alles fertig ist. Wir müssen also *Neper*, einen schottischen Edlen, als wahren Erfinder ansehen, nur dass die Logarithmen, die er berechnete, sich zu wenig brauchbar zeigten. Man nennt daher die, welche nun seit zwei Jahrhunderten gebraucht werden, die Briggischen, da Prof. *Briggs* durch die glückliche Wahl der Basis 10 ein viel besser zur Anwendung geeignetes Logarithmensystem begründete. Er berechnete die Log. der Zahlen 1 bis 20000 und 90000 bis 100000 selbst; die grosse Lücke hat nach ihm der Holländer *A. Vlacq* ausgefüllt und in *Gouda* erschien der erste logarithnische Canon.

Hier müssen wir auch einer deutschen Astronomin gedenken: *Marie v. Lewen*, geb. *Cunitz*, um 1610 geboren und 1664 am 20. Aug. gestorben. Ihr Vater war ein angesehener Arzt, ihr Mann ein schlesischer Rittergutsbesitzer. Sie kannte viele alte und neue Sprachen, stand mit *Kepler* und anderen wissenschaftlichen Notabilitäten in gelehrtem Briefwechsel, und hat ein Werk: Urania propitia, sive tabulae astronomicae mire faciles, vim hypothesium phisicarum a *Keplero* completae, Pitschen 1650, herausgegeben. In diesem Werke giebt sie Tafeln, die sie am Himmel geprüft hat, und zeigt ihren Gebrauch. Ihr Schriftstellername ist *Maria Cunitia*. Ihr Gatte, unterrichtet von ihr, hat Theil genommen an der Berechnung wie an der Correctur der Tafeln.

In England lebte und forschte gleichzeitig ein unbemittelter Autodidakt, *Horrox*, ungekannt von seiner Zeit. Er ist der erste, der einen Venusdurchgang vorher vermuthet und mit seinem Freunde *Crabtree* auch wirklich beobachtet hat (1639 am 4. Dec.). Auch mit der Mondtheorie hat er sich beschäftigt und seinen Untersuchungen verdanken wir eine genauere Bestimmung und schärfere theoretische Begründung, sowol der Bewegung des Apogäums, als des Werthes für die Excentricität. Leider starb er schon mit 22 Lebensjahren (1641).

In Deutschland ward durch *Bayer*, der eine Uranographie schrieb, die Beziehung der einzelnen Sterne eines Sternbildes durch griechische Buchstaben eingeführt, so dass wir jetzt nicht mehr „das rechte Auge des Stiers“ sondern α Tauri, nicht „die Aehre welche die Jungfrau in der Hand hält“, sondern α Virginis sagen. Darin besteht aber auch sein ganzes Verdienst, denn weder hat er selbst beobachtet, noch die Beobachtungen *Tycho's* so benutzt, wie diese genauen Oerter es verdient hätten. *Argelander* hat nachgewiesen, dass er innerhalb derselben Grössenklasse nicht den stärkeren Glanz, sondern die Aufeinanderfolge von N. nach S. bei der Reihenfolge seiner Buchstaben zur

Richtschnur genommen hat. Ein Selbstbeobachter hätte Rigel mit α Orionis, Pollux mit α Geminorum bezeichnet; er wählte für beide das β, da beide die südlichen Glieder von Sternenpaaren gleicher Klasse sind. Auch die Eintheilung und Ausführung seiner Sternkarten ist sehr incorrekt.

Auch der Osten und Norden Europa's blieben niht zurück; auf den Lehrstühlen der Universitäten Upsala, Abo und Dorpat ward die Astronomie, theils selbstständig (wie in Dorpat von *Jacob Schoner*), theils verbunden mit Physik und Mathematik gelehrt, und im Vaterlande des *Copernicus* sehen wir den Bürgermeister der damals unabhängigen Stadt Danzig sich eine grosse Sternwarte erbauen, mit Fernröhren und Messinstrumenten ausrüsten, und nicht allein selbst zahlreiche Beobachtungen machen, sondern auch regelmässige Himmels-Wachtposten ausstellen, um ihm, wenn sich irgend etwas Neues am Himmel blicken lasse, sogleich Nachricht zu geben. *Hevel*, geb. 1611 28. Jan., und gestorben im Alter von 76 Jahren an seinem Geburtstage, zeichnete eine Mondkarte, die erste unter allen; allerdings noch sehr unvollkommen, da er alles nach dem Augenmasse eintrug, so dass Fehler von 10 Graden des selenographischen Ortes vorkamen. Auch stach er sie selbst in Kupfer. Sie findet sich nebst vielen Phasenbildern in seiner Selenographie. Wenige Jahre darauf veröffentlichte *Riccioli* in seinem oben schon erwähnten Almagestum Novum eine von *Grimaldi* gezeichnete Mondkarte, die jedoch im Ganzen um nichts besser ist, als die *Hevel'sche*. Damals setzte sich auch eine Nomenclatur der Mondflecken fest; man nannte die grossen grauen Flecken, so wie einige Bergketten, nach *Hevel*; die Ringgebirge jedoch nach *Riccioli*. — *Hevel* beschäftigte sich auch viel mit Beobachtung von Kometen und die von ihm und *Lubienizky* gegebene Cometographie ist zwar ein Beweis des fleissigen Sammelns, aber auch eines fast gänzlichen Mangels an Kritik. Unter 400 Kometen, von denen sie Nachricht giebt, fand *Halley* nur 12, die er berechnen konnte. *Margaretha Hevel* hat ihrem Manne fleissig bei den Beobachtungen geholfen. — Sein Sternkatalog ist auf eigene Beobachtungen gegründet, allein er stellte diese ohne Hülfe eines Fernrohrs nur durch Dioptern an, was *Hock*, der bereits das Fernrohr an dem Quadraten angebracht hatte, zu tadeln sich veranlasst fand. Wir fügen noch hinzu, dass *Hevel* auch darin fehlte, dass er aus mehreren Beobachtungen desselben Sterns nicht das Mittel zog, sondern diejenige Beobachtung auswählte, die er für die beste hielt. — Im J. 1679 brannteseine Sternwarte durch Bosheit eines entlassenen Dieners gänzlich ab, wobei auch sämmtliche noch nicht versandte Exemplare der mit grossen Kosten herausgegebenen

Machina Coelestis zu Grunde gingen. In diesem, nur in 27 Exemplaren enthaltenen Werke giebt er zahlreiche Abbildungen seiner Instrumente wie der gesammten Einrichtung, und beschreibt seine Beobachtungsmethoden ausführlich. Er ging, obgleich im 70sten Jahre stehend, sofort an den Bau einer neuen Sternwarte. *Hevel* hat mehrere neue Sternbilder eingeführt, die sich auch in Gebrauch erhalten haben, was man, wie *Olbers* bemerkt, dem thätigen Manne wohl gönnen kann, da sein Catalog selbst sehr bald durch bessere antiquirt wurde.

J. B. Riccioli (geb. 1598, gest. 1671) gab 1651 das erste Buch seines Almagestum Novum heraus, dem noch zwei Bücher folgen sollten, aber nicht gefolgt sind. Das erste Buch giebt auf 1500 enggedruckten Grossfolio-Seiten eine genaue Analyse aller Theorien, die in der Astronomie bekannt geworden waren. In einem sehr umfangreichen Artikel spricht er über das Copernicanische System, für welches er 49 und gegen welches er 77 Gründe anführt, die man im Werke selbst nachlesen kann.

Obgleich *Copernicus* also durch eine Majorität von 28 Gründen abgewiesen werden muss, so gesteht er ihm dennoch zu, dass sein System eine zur Berechnung bequeme Hypothese bilde. Ueberhaupt merkt man ihm auf jeder Seite die Behutsamkeit an, es ja nicht mit der römischen Censur zu verderben; daher auch sein freundschaftlicher Rath an *Gassendi*, sich vor jeder Anpreisung des verurtheilten Systems in seinen Werken sorgfältig zu hüten. Mit *Hevel* gerieth er in eine Controverse über die Libration des Mondes.

Gassendi (geb. 1592, gest. 1655) einer der thätigsten und unermüdlichsten Beobachter seiner Zeit, der namentlich auch Merkursdurchgänge observirte, ist durch sein Werk Vita Copernici, in dem er auch *Tycho's* und einiger anderen Astronomen Leben beschreibt, am bekanntesten geworden. Der berüchtigte Sterndeuter *Morin*, der letzte Astronom, der gewissenlos genug war, eine Astrologie in die Welt zu schicken, hatte *Gassendi's* Tod prophezeit, und dieser war indiscret genug, länger zu leben, weshalb *Morin* einen grimmigen Hass auf ihn warf.

Wir haben aus dem reichen Stoffe, den die Zeit von der Mitte des XV. bis zur Mitte des XVII. Jahrhunderts darbietet, hier nur Weniges herausheben können. Es dürfte indess genügen nur darzuthun, dass jetzt ein anderer Geist in der Wissenschaft waltete als in den früheren Perioden, und dass nun der Zeitpunkt gekommen war zwei Institute ins Leben zu rufen, die wir als die ältesten der noch bestehenden betrachten können: die Pariser Akademie und die Royal Society in London. Mit beiden war gleich Anfangs die Errichtung zweier grosser und

wohlausgerüsteter Sternwarten verbunden. Am 14. Sept. 1671 machte *Dominique Cassini*, der neuernannte Direktor der Sternwarte in Paris, auf derselben seine erste Beobachtung, und vom 27. Aug. 1675 datirt das Dekret, wodurch *John Flamsteed* zum Direktor der Sternwarte Greenwich ernannt wurde. Beide Anstalten übertrafen alles, was bisher in dieser Art gesehen worden, obgleich sie wesentlich verschieden waren. In der Pariser Sternwarte wollte *Ludwig XIV.* vor allem einen Prachtbau haben; zu Meridianbeobachtungen eignete sich keiner der langen Säle; man hatte nur an die hundert und mehrere Fuss langen Fernröhre gedacht, die der König bei *Campani* für *Cassini* bestellte. In Greenwich dagegen waren es fast allein die Meridianbeobachtungen, die man beabsichtigte; Mauerquadranten, mit beweglichen Fernröhren verbunden, waren aufgestellt in einem anfangs ziemlich engen Raume, der erst nach und nach erweitert und zweckmässig eingerichtet ward.

Dominique Cassini, zu Perinaldo in der Grafschaft Nizza 1625 geboren, hatte sich schon in Italien durch wichtige Beobachtungen ausgezeichnet, und unter andern die Rotationsperiode der Venus bestimmt, die fast 200 Jahre hindurch bestritten, schliesslich durch die neueren Beobachtungen in Rom sich bestätigt hat. In Paris konnte er die kräftigsten der damals vorhandenen Fernröhre benutzen, er entdeckte durch sie 4 Saturnusmonde und noch vieles Andere. Für die Libration des Mondes gab er das nach ihm benannte Gesetz, wonach sie scharf berechnet werden kann. Er bestimmte die ersten 3 Mondflecke nach ihrer selenographischen Länge und Breite und zeichnete eine Mondkarte von 12 Fuss im Durchmesser, die jedoch füglich auf 1 F. reducirt werden könnte, da sie des Details sehr wenig enthält. Unter ihm und grossentheils durch ihn selbst und seinen Sohn ward die Gradmessung ausgeführt, die man mit einer topographischen Aufnahme des gesammten Frankreichs verband. *Ludwig XIV.* war überhaupt bemüht, die Gelehrten aller Länder an seine Akademie zu ziehen oder doch sie dadurch in Verbindung mit ihr zu setzen, dass er Pensionen an ausländische Gelehrte gab. Wie der Italiener *Cassini*, so waren der Holländer *Huyghens*, der Däne *Olaus Römer* und andere dem Rufe nach Paris gefolgt und es begann ein sehr reges Leben in der Himmels- und Erdkunde wie in den Naturwissenschaften überhaupt. *Maraldi* bemerkte zuerst die weissen Flecke an den Polen der Marskugel, *Lahire* beobachtete die Sonnenflecke, *Richer* fand die Differenz der Länge des Sekundenpendels für verschiedene Breiten, *Olaus Römer* ermittelte die Geschwindigkeit der Lichtbewegung. *Louis Feuillée* bestimmte den Längenunterschied zwischen der Insel Ferro und der Pariser

Sternwarte. *Huyghens* hatte schon vor seiner Berufung den ersten Saturnustrabanten entdeckt und die räthselhaften Erscheinungen am Saturnskörper dadurch erklärt, dass ein freischwebender gegen die Ekliptik geneigter Ring den Planeten in der Richtung der Ebene seines Aequators umgebe. Er führte eine wesentliche Verbesserung der Uhren dadurch aus, dass er das Pendel anbrachte. Auch die Sonnenparallaxe untersuchte *Cassini*; zwar gelangen die Beobachtungen nicht ganz nach Wunsch, doch schloss er aus ihnen, dass sie nicht wohl über 9 Sekunden gehen könne — eine sehr glückliche Vorahnung So viele und so erfolgreiche Arbeiten rechtfertigten das hohe Ansehen, dessen er sich in Frankreich wie überall zu erfreuen hatte. In unmittelbarer Aufeinanderfolge haben vier *Cassinis* zusammen 122 Jahr hindurch das Directorat der Sternwarte geführt; es würde dies noch länger gedauert haben ohne die Schreckensregierung, die 1793 *Cassini IV.* ins Gefängniss warf. — Fortan bildet Frankreich eins der Hauptländer für die Cultur der Himmelskunde.

In England arbeitete *Flamsteed*, obwohl wenig von der Regierung beachtet und begünstigt (so dass er genöthigt war, die meisten Instrumente aus eigenen Mitteln anzuschaffen), unermüdet an seinem British Catalogue, den er so genau, als seine Instrumente es irgend gestatteten, ausgeführt hat. Dass dazu eine längere Zeit erforderlich war und dass es der ungeduldigen Erwartung, mit der man ihm entgegensah, schwer ward, so lange zu harren, begreift sich leicht; aber mit Schmerzgefühl lesen wir in *Brewster's* Leben *Flamsteed's*, dass ein ernstes Zerwürfniss zwischen ihm und *Newton* daraus entstand. Der vollständige Catalog, verbunden mit einem grossen Atlas Coelestis, erschien erst nach seinem 1719 erfolgten Tode. Sechs Astronomen sind ihm seitdem im Direktorat gefolgt: *Halley*, *Bradley*, *Bliss*, *Maskelyne*, *Pond*, *Airy*.

Huyghens und *Roemer* verliessen in Folge des Edikts von Nantes ihre Stellung in Paris und kehrten ins Vaterland zurück. *Huyghens* und seine Söhne haben Fernröhre verfertigt, die den grossen Campanischen gleich kamen. Seine hinterlassnen Manuscripte besitzt jetzt die Sternwarte Leyden; sie hätten die Veröffentlichung durch den Druck mehr verdient als der Cosmotheoros, der später unter seinem Namen erschien und der, mag er nun von ihm herrühren oder nicht, zur Erhöhung seines Ruhmes nichts beitragen kann.

Auf Upsala's Hochschule finden wir, fast ein volles Jahrhundert hindurch, die Familie *Celsius* für Himmelskunde wirkend. *Magnus Nicolaus* (geb. 1621, gest. 1678); seinen Sohn *Nils* (1658—1724) und den Enkel *Andreas*, den bekanntesten

-anen, der aber schon 1744, erst 42 Jahr alt, starb. Er hatte in Wittenberg studirt und machte seine ersten Beobachtungen in Nürnberg. Mit *Adelburner* versuchte er die Herausgabe einer Zeitschrift: Commercium astronomicum, aber die Theilnahme war eine zu geringe. An der lappländischen Gradmessung hat er sehr bedeutenden, ja vielleicht den wesentlichsten Antheil genommen, denn er und *Lemonnier* waren die einzigen eigentlichen Astronomen bei dieser Arbeit, und *Lemonnier* litt vom Klima zu sehr, um nach Wunsch thätig sein zu können. In Upsala errichtete er eine Sternwarte, die erste in Schweden. Besonders hat er sich mit Beobachtung der Jupiters-Trabanten beschäftigt.

Hier müssen wir auch der Wiederbelebung der Himmelskunde in China gedenken, um die der Jesuitenorden sich verdient gemacht hat. Schon gegen Ausgang des 16. Jahrhunderts finden wir ihn und seine Missionarien dort wirkend und sie erkannten mit richtigem Blick, dass die Astronomie ein treffliches Mittel sei, sich beliebt und gleichzeitig unentbehrlich zu machen. *M. Ricci* (*Li Mattheu* von den Chinesen genannt) und *Schaal* gehören zu den frühesten in China wirkenden Jesuiten, die sich auch beim Dynastienwechsel, als die Ming den Mantschen weichen musten, zu behaupten verstanden. Namentlich war die lange Regierung des Mandschukaisers (1662—1724) ihnen sehr günstig, und auch ihre astronomische Wirksamkeit war die ausgedehnteste und fruchtbringendste in dieser Periode. Durch *Gaubil*, *de Guignes* und andere, die durch ihre gründliche Kenntniss des Chinesischen dazu befähigt waren, sind wir mit der ältesten chinesischen Geschichte und ihrer wissenschaftlichen Cultur so weit bekannt geworden, als dies jetzt überhaupt noch möglich ist. Ihre correspondirenden Beobachtungen wurden wichtig für Längenbestimmungen. *Verbiest*, *Kögler*, *Hallerstein* und andere Jesuiten wirkten in dieser Weise, besorgten den astronomischen Kalender, berichtfgten die Karten und erwiesen sich noch in mancher anderen Beziehung dem Lande nützlich.

Auch in Europa liess der Orden es sich angelegen sein, Himmelsforschung zu fördern. Namentlich inden slavischen Ländern und in Ungarn bestehen noch jetzt mehrere Sternwarten, zu denen Jesuiten den ersten Grund legten. Wilna, Warschau, Lemberg und andere zum Theil schon wieder eingegangene.

Wir haben nun die Zeiten kennen gelernt, in denen der grösste aller wissenschaftlichen Forscher, den das gesammte Menschengeschlecht hervorgebracht, auftreten sollte, und wollen in möglichster Kürze zu schildern versuchen, was er geleistet. ***Isaac Newton*** ward geboren im Todesjahre *Galiläi's*, am 25. Dec.

1662 zu Woolstorpe in England, als einziger Sohn einer nur wenig bemittelten Pächterfamilie, und er verlor seinen Vater bevor er ihn gekannt. Er erhielt in seinen Knabenjahren nur den Elementarunterricht in der kleineren Ortsschule, die seine Wissbegier zu befriedigen sehr bald ausser Stande war. Durch einen Verwandten erlangte er Aufnahme in dem Gymnasium einer benachbarten Stadt, und hier bereitete er sich zur Universität vor. Im J. 1660 ging er nach Cambridge.

Schon als Knabe hatte er mit dem grössten Eifer mathematische Bücher, wie sie der Zufall ihm in die Hand führte, studiert. In Cambridge war er *Baccow's* Schüler; bald jedoch sein Gehülfe bei den Experimenten und später sein Nachfolger auf dem Lehrstuhle.

Es wird berichtet, dass er 1666, wo er Cambridge der Pest wegen verlassen hatte, in einem Garten sitzend einen Apfel vom Baume fallen sah und sich die Frage vorlegte: was ist es, was den Apfel zur Erde treibt? und in weiterer Verfolgung dieses Gedankens sei er auf das Gesetz der Schwere gekommen. Der berühmte Apfelbaum, den noch im Anfang des 19. Jahrhunderts alle Besucher des Orts sich zeigen liessen, ist jetzt selber dem Gesetz der Schwere zum Opfer gefallen; ein Sturm warf ihn zu Boden, und Dr. *Turner* hat sich aus seinem Holze einen Lehnsessel machen lassen.

Wahr oder nicht wahr; in der Hauptsache ändert dies nichts. Wie viele Millionen Aepfel mögen gefallen sein vor diesem einen — denn im Geiste *Newton's*, nicht im Apfel, lag das Gesetz der Schwere. Sein Versuch, es auf die Bahnen der Weltkörper anzuwenden, gelang damals noch nicht, da man die wahre Entfernung des Mondes noch zu wenig kannte: er verschob die nähere Untersuchung bis auf Weiteres. Optische Experimente, die er schon sehr früh begonnen, und mathematische Untersuchungen machten seine Beschäftigung aus. Dahin gehörten die Farbenzerstreuung im Prisma und das dadurch entstehende Farbenbild, sowie das schon lange versuchte, aber nie zu Stande gebrachte Teleskop (er verfertigte 1674 das erste, noch jetzt sorgfältig aufbewahrte, das bei nur 5 Zoll Brennweite gleichwohl den Saturnsring zeigte), und endlich von ihm entdeckte Differentialrechnung, von ihm Fluxionsrechnung genannt.

Kaum dürfte es nöthig sein hinzuzufügen, dass *Newton* über alle seine zahlreichen und grossartigen Entdeckungen in Streitigkeiten, und meistens sehr heftige und langwierige gerieth; nicht mit Ignoranten und Halbwissern, die nicht zählen, sondern mit einem *Leibnitz*, *Huyghens*, *Cassini*; ja zum Theil mit seinen eigenen Landsleuten. Er theilt damit eben nur das

unvermeidliche Schicksal aller Erfinder und Entdecker, und wir fügen hinzu, dass wenn der Streit über die Sache nicht bis zur Herabsetzung und Verunglimpfung der Person sich verirrt, auch nichts dabei zu beklagen ist. Durch Widerspruch muss die Wahrheit an den Tag kommen.

Newton, jetzt ausgerüstet mit dem von ihm selbst geschaffenem Hülfsmittel, der Differentialrechnung, ging aufs neue an die Untersuchung, auf welche, der oben erzählten Legende zufolge, der berühmteste aller Aepfel ihn zuerst geführt hatte. Es war inzwischen auch die Mondparallaxe von *Flamsteed* auf der Sternwarte Greenwich schärfer untersucht worden und eine hinreichend genaue Entfernung des Mondes konnte der Rechnung zu Grunde gelegt werden. So gelangte er zu seiner wichtigsten Entdeckung — die Formel für das Gravitationsgesetz. Es wird erzählt, dass *Newton*, als er die Rechnung so nahe zu Ende geführt hatte, dass er das Gelingen voraussah von einem so heftigen freudigen Zittern ergriffen wurde, dass er einen ihn eben besuchenden Freund bat, die letzten paar Zahlen zu vollenden, er selbst sei es nicht im Stande.

So erschien denn 1684 sein hochberühmtes Werk: Principia Philosophiae naturalis, das vielfach übersetzt und neu aufgelegt, das unvergänglichste aller Denkmäler bilden wird, die ihm gewidmet wurden. Wer es ganz zu fassen im Stande ist, wird zugestehen, dass das bekannte

„Gott sprach es werde Licht!
Da kam *Newton*, und es ward Licht.“

in der That nicht zu viel sagt. Fast zwei Jahrhunderte sind seitdem verflossen; an jeder Beobachtung, an jeder Berechnung konnte in dieser langen Zeit das Gesetz geprüft werden — und es hat alle Proben siegreich bestanden. Die letzte, durch *Hanson's* Mondtafeln, war in der That die schärfste, denn hier musste auch die allergeringste Abweichung, wenn sie stattgefunden hätte, zu Tage kommen, und nichts der Art hat sich ergeben. „*Newton*“, sagt *Lagrange*, „war nicht allein der grösste aller Gelehrten, sondern auch der glücklichste, denn es giebt nur Ein allgemeines Weltgesetz zu entdecken.“

Newton war Mitglied und später Präsident der Royal Society und behielt diese Stellung bis an seinen Tod. Durch seine Ernennung zum Münzmeister, mit welchem Amte sehr bedeutende Einkünfte verbunden sind, gelangte er zu einem Grade von Wohlstand, den sein früheres Leben nie gekannt hatte, doch seine einfache Lebensweise änderte sich dadurch nicht.

Auf seinen Rath setzte das britische Parlament die Summe von 30000 Pf. St. als Belohnung für den aus, der

ein Mittel angeben würde, wodurch man der Länge zur See bis auf 1/4 Grad versichert sei.

Bis zum 80. Jahre hatte er einer nur wenig gestörten Gesundheit genossen; nun jedoch stellte sich eine schmerzhafte Steinkrankheit ein, die die Kunst der Aerzte zwar zu mildern und hinzuhalten, doch nicht zu heben vermochte. Am 22. März 1727 schied dieser grosse Geist von der Erde.

Auf Befehl *Georgs I.* wurde er mit königlichen Ehren bestattet und in der Gruft zu Westminster, wo Englands Beherrscher ruhen, ruht auch *Newton*. Eine Regierung, wenn sie die Wissenschaft ehrt, ehrt sich selber; *Newton* aber war im Reiche der Wissenschaften ein König, oder richtiger, er war der König. *Newton* war ein aufrichtig frommer Mann. Bei jeder Nennung des Namens Gottes entblösste er das Haupt, und seine Forschungen im Grundtexte der Bibel waren sehr gründlich, wenngleich seine biblische Chronologie als eine verfehlte bezeichnet werden muss, so wie seine Erklärung der Apokalypse, von der *Kellgren* mit Recht bemerkt, *Newton's* Fehler bestehen nicht darin, dass er dies Buch falsch erklärte, sondern darin, dass er es erklärte.

Am längsten dauerte der Widerstand der französischen Gelehrten, denen es schwer wurde, sich von den Wirbeln ihres *Descartes* loszusagen; ja *Fontenelle*, der 1755 im 100sten Lebensjahre starb, hat bis an sein Lebensende daran festgehalten. Erst um 1740 verstummte auch diese Controverse.

Uebrigens ward *Newton* anfangs nur von sehr Wenigen verstanden; wir finden Bewunderer, Uebersetzer, allenfalls Commentatoren, aber keine Nacheiferer. Erst nach der Mitte des Jahrhunderts, wie wir weiterhin sehen werden, gewannen die Dinge eine andere Gestalt.

Die Frage über die Erdgestalt ist nicht nur an sich, sondern für die gesammte Theorie der Himmelskunde eine so wichtige, dass sie nicht unerörtert bleiben konnte in einer Zeit, wo ein *Newton* lebte. Vor der Gradmessung des neuern Europa konnte man über die Vorstellung einer Kugelgestalt nicht hinauskommen, und selbst diese wurde nicht selten von denen bestritten, welche in Fragen über Naturgegenstände nicht in der Natur, sondern in alten Schriften die Antwort zu suchen gewöhnt sind. *Cassini's* grosse Messung durch ganz Frankreich von N. nach S. schien anzudeuten, die Erde sei ein Elipsoid, also von den Polen verlängert, während *Newton*, ohne eine Messung gemacht zu haben, einfach aus seiner Theorie schloss, die Erde müsse ein Sphäroid, also an den Polen abgeplattet sein. Man sieht, wie sich Alles vereinigte, um den Franzosen die Anerkennung *Newton's* zu erschweren. *Newton*, dem *Huyg-*

hens in dieser Frage beitrat, auf der einen, und *Cassini* an der Spitze sämmtlicher Franzosen, sowie die deutschen Gelehrten, wie *Eisenschmidt*, auf der andern Seite. Endlich, als *Newton* schon im Grabe ruhte, entstanden in der französischen Akademie selbst Zweifel, ob eine Messung Frankreichs wirklich für sich allein schon hinreiche, über die Gestalt der ganzen Erde zu entscheiden? Viel besser werde man *Newton* widerlegen können, wenn man wirklich die Erde messe, so weit dies möglich sei. Eine Messung am Aequator und eine andere am Pole, oder doch diesem so nahe als möglich, werde mit der französischen verbunden drei hinreichend entlegene Punkte zur Construction des Erdquadranten liefern. *Ludwig XV.* stimmte bei; es wurden in Peru (*Condamire*, *Bouguer*, *Godin*) und in Lappland (*Maupertius*, *Outhier*, *Lemonnier*, *Carus*, *Celsius*) Gradmessungen unternommen; — das unzweifelhafte Resultat war — das *Newton* Recht hatte.

Deutschland und Italien, bald auch die übrigen Länder des christlichen Europa, blieben nicht zurück, wenngleich in den wichtigsten Fragen England und Frankreich den Ton angaben. Bologna's und Padua's Sternwarten waren thätig, namentlich in Beobachtungen ausser dem Meridian; *Manfredi* gab Ephemeriden heraus, die bis tief ins 18. Jahrhundert hinein fortdauerten; gegenwärtig sind dort die Mailänder an ihre Stelle getreten. In Rom arbeitete *Bianchini* mit Fernröhren von über 80 Fuss Länge.

In Deutschland suchte Nürnberg seinen alten durch *Regiomontanus* begründeten Ruf aufrecht zu erhalten; *Eimmert* und seine Tochter (später Gattin des Prof. *Müller*) zeichneten Himmelskarten, untersuchten die Mondoberfläche und machten auch noch andere Beobachtungen; leider ist vieles von ihren Arbeiten nicht veröffentlicht worden und scheint verloren zu sein.

In Berlin hatte gegen Ende des 17. Jahrhunderts Baron *v. Krosigk* in der Wallstrasse ein Observatorium auf seinem Hause errichtet und *Kolbe* nach dem Cap der guten Hoffnung geschickt, um durch correspondirende Beobachtungen die Mondparallaxe zu bestimmen. Aber die gute Hoffnung, die *Krosigk* von ihm gefasst hatte, rechtfertigte er nicht; seine spärlichen und mangehaften Beobachtungen erwiesen sich als unbrauchbar. *Gottfried Kirch* war auch auf dieser Warte thätig, bevor die akademische Sternwarte errichtet ward. Hier haben *Gottfried*, *Margaretha* und *Christfried Kirch* gearbeitet; *Margaretha* insbesondere längere Zeit hindurch den Kalender, der damals auch die astronomische Ephemeride mit enthielt, besorgt.

In Petersburg hatte schon *Peter der Grosse*, der auf der Greenwicher Sternwarte sich bereits selbst an einer Beobachtung

betheiligt hatte, die Gründung einer Akademie und gleichzeitig einer Sternwarte beschlossen; doch erst später trat beides ins Leben. *Delisle* ward zu ihrem Direktor berufen; er hat hier fleissig beobachtet; allein seine Beobachtungen lagen bis jetzt unbenutzt in Paris, erst vor einigen Jahren kamen sie nach Pulkowa und einige Proben daraus hat *Winnecke* veröffentlicht. Ein grosser Brand vernichtete auch die Sternwarte 1747, indess stellte man sie unverzüglich wieder her. *Delisle* war bereits ein Jahr vorher nach Paris zurückgekehrt.

In Schweden war *Wargentin* Nachfolger des letzten *Celsius*. Auf Upsala's Sternwarte hat er die Beobachtungen der Jupiterstrabanten zu seiner Hauptaufgabe gemacht, und correspondirend mit *Lacaille* am Cap beobachtete er eine Marsopposition zur Ermittelung der Sonnenparallaxe.

Zwei wichtige Himmelsbegebenheiten standen jetzt bevor: die vorausverkündigte Rückkehr des *Halley'schen* Kometen, und der Venus Durchgang. Auf die hohe Wichtigkeit beider hatte *Halley* aufmerksam gemacht; keine von beiden konnte er (1656 geboren) zu erleben hoffen. Noch immer gab es Viele, die nicht nur die des *Halley*'schen, sondern jede Rückehr seine Kometen überhaupt bezweifelten, besonders nachdem *Bernoulli*'s Conjecturen über zu erwartende Kometen sich nicht verwirklicht hatten. Haben doch sogar nach dem Wiedererscheinen 1759 sich noch Stimmen in diesem Sinne vernehmen lassen.

De Kometen konnten Europa's Astronomen auf ihren Sternwarten genügend beobachten; um vom Venusdurchgange die Resultate zu ziehen, auf welche *Halley* aufmerksam gemacht, mussten sie sich auf die entlegensten Punkte der Erdkugel begeben (Finnmarken, Sibirien, Hudsonsbai, Ostindien u. s. w.). Sternkundige scheuten keine Beschwerden, und Könige keine Kosten, um endlich zu erfahren wie viele Meilen die Sonne von unserer Erde abstehe. Das mittlere Resultat war etwa 9 Sekunden; da jedoch die einzelnen Resultate zwischen 8½ u. 10 schwankten, so befriedigte der Erfolg nicht völlig, und man wartete nun auf den Durchgang von 1769, der noch mehrere Beobachter herbeizog als der erste. Namentlich war Skandinavien an seinen Küsten wie in seinem Innern mit Interimssternwarten sehr stark besetzt. Aber auch die Südhalbkugel nahm jetzt bedeutenderen Antheil: *Cook*'s erste Erdumseglung hatte ganz besonders die Beobachtung des Venusdurchgangs kam 4. Juni 1769 im Auge. Die Beobachtungen gaben eine etwas kleinere Parallaxe als beim ersten Durchgange, aber mit grösserer Uebereinstimmung. Die letzte und genaueste Berechnung *Enke*'s gab nach Ausscheidung einer verfälschten Beobachtung (des *P*, *Hell* auf *Wardoehms*) 8″,7116; aber mit erheblich

grösserer Uebereinstimmung als das erste Mal. — So war nun ein Grundelement des Sonnensystems, ja noch mehr: eine Basis für alle im Universum vorkommenden Entfernungen gegeben, so genau als die damalige Zeit es vermochte.

Die Beobachtungen der Kometen wurden im 18. Jahrhundert mit grossem Eifer fortgesetzt, doch blieb die Bahnberechnung darin noch mangelhaft, dass jeder Beobachter, oder mindestens doch jede Sternwarte die Bahn speciell, und nur aus den eigenen Beobachtungen, berechnete. Es war dies entschuldbar in einer Zeit, wo die Correspondenz noch sehr schwerfällig und nicht selten, z. B. während eines Krieges, ganz unmöglich war; allein verhehlen kann man nicht, dass eine beträchtliche Anzahl von Kometen aus dem 18. u. selbst nach dem 19. Jahrhundert der neuen Berechner warten, die hoffentlich bei dem grossen Eifer unsrer sich heranbildenden Astronomen nicht fehlen werden.

Die äussere wie innere Einrichtung der Sternwarten vervollkommnete sich durch die richtigere Einsicht in den wahren Zweck eines solchen Instituts, und in die Mittel diesen zu erreichen. Nicht länger setzte man die Beobachter und ihre Instrumente auf hohe Thürme oder in die oberen Stockwerke bewohnter und zu ganz anderen Zwecken errichteter Häuser, wenn gleich an manchen Orten die früheren Warten noch längere Zeit fortbestanden, ja selbst jetzt noch fortbestehen. Im Allgemeinen finden wir, dass England nicht allein die meisten, sondern auch die am zweckmässigsten eingerichteten Sternwarten besitzt. Auch die Südhalbkugel, die bis dahin nur höchstens temporäre Sternwarten gesehen, erhielt einige feste, wenn gleich noch nicht von grosser Bedeutung und nur partieller Wirksamkeit.

Der Verbreitung astronomischer Kenntnisse auch ausserhalb des gelehrten Kreises widmeten sich allmählich bessere Kräfte, als dies früher der Fall gewesen. *Bode's* und *Bürja's* gründliche und gleichwohl allgemein verständliche Belehrungen haben neben ihren vielfachen anderen Verdiensten auch das, so manches von Halbwissern und Ignoranten, ja von Betrügern verfasste Werk, vom Büchermarkte verdrängt zu haben; was ihnen nicht ganz leicht wurde. Denn noch immer fanden sich Schriftsteller, die, obgleich persönlich vom Kometen-Aberglauben frei, ihn dennoch für das Volk für nöthig hielten (wie sogar noch 1853 ein verächtlicher Autor gethan). Aber die Welt will nicht mehr betrogen; sie will belehrt sein.

Die weitere Ausbildung der wissenschaftlichen Methoden und die damit Hand in Hand gehende Vervollkommnung der Instrumente führte neue Aufgaben, so wie die Möglichkeit alte

besser als bisher zu lösen, herbei; besonders nachdem *John Dollond* die wichtige Erfindung gemacht hatte, farbenfreie Objective durch Zusammensetzung derselben aus verschiedenen Glasarten herzustellen. Wozu man früher Fernröhre von 100 und mehr Fuss Länge gebraucht hätte, das konnte jetzt mit solchen von 6 bis 8 Fuss erlangt werden, und zwar ungleich bequemer als mit jenen. Die *Campani*'schen Riesenfernröhre, die nur ein Ludwig XIV. zu bezahlen geneigt und im Stande war, sind nun ganz bei Seite gelegt als Antiquitäten, und jeder einigermassen bemittelte Privatmann kann sich jetzt das Vergnügen verschaffen, das einst unter allen Erdbewohnern *Dominique Cassini* allein genoss. Zwar verbreitete sich die 1756 gemachte Erfindung nicht so schnell und allgemein, als der Erfinder erwartet haben mochte. Wurden auch die freien achromatischen Handfernröhre bald allgemein angewandt, doch an die Meridianinstrumente haben weder *Bradley* noch *Bliss* die Achromate angebracht, sondern erst *Maskelyne* 1770, und andre Sternwarten meistens noch später. Neben den Fernröhren bliegen auch die Spiegelteleskope, namentlich in England, noch in starkem Gebrauch. — Andrerseits vervielfältigten sich die Aufgaben. Man untersuchte jetzt die Oberflächen der Planeten, so wie die der Sonne und des Mondes; man beobachtete die Nebelflecke, man achtete auf die Farben der Sterne, man lernte allmählich eine grössere Anzahl der veränderlichen Sterne kennen; die Doppelsterne fingen an, das Interesse zu erregen u. s. w.

Frankreichs Analytiker, *d'Alembert*, *Lagrange*, *Lacroix*, *Legendre* u. a. untersuchten die theoretischen Fragen, welche durch die Fortschritte der Wissenschaft herbeigeführt waren. *Legendre* insbesondere legte den Grund zur Methode der kleinsten Quadrate, die so vielfache Anwendung fand. Indess zeigen manche ihrer Untersuchungen, dass man sich noch nicht von den hergebrachten, aber unhaltbaren Ansichten losgemach hatte. So z. B. kommt der Fall vor, wo ein Planet sich um zwei Sonnen bewegt, während die letzteren stillstehen. In einer andern Aufgabe wirkt die eine der Sonnen anziehend, die andere abstossend, aber auch hier stehen beide still. Die Vorstellung, dass auch Sonnen sich um Sonnen bewegen, scheint diesen Geometern ganz fremd geblieben zu sein. Wir müssen in der That die grosse Mühe bedauern, die jene Gelehrten sich gaben, um auf einem Felde zu arbeiten, das nicht das der Natur ist.

Wir können dieselbe Bemerkung noch bei einer anderen Gelegenheit machen. *Christian Mayer* in *Manheim* hatte eine Anzahl Doppelsterne gefunden, und gab dem schwächern Gliede

eines solchen Paars den Namen Fixsterntrabant. Sofort erhoben sich *M. Hell*, *N. Fuss* und andre Astronomen und bewiesen weitläuftig, dass Planeten in solcher Entfernung von uns nicht gesehen werden könnten. *Mayer* aber hatte gar nicht von Planeten gesprochen, und keiner der Gegner dachte daran, dass auch wohl ein leuchtender Körper der umlaufende sein könne. *Mayer* hatte allerdings optische und physische Doppelsterne nicht unterschieden, da diese Unterscheidung damals noch nicht möglich war; namentlich waren seine „Arcturstrabanten sämmtlich nur optisch, und er übersah gänzlich die Eigenbewegung *Arcturs*; aber der Irrthum seiner Gegner war bei weitem grösser.

In Dänemark hatte, seit *Tycho's* Vertreibung, die Himmelskunde fast ein Jahrhundert lang brach gelegen. *Olaus Römer*, von *Paris* zurückkehrend, erweckte sie wieder. Er bezog eine gut ausgerüstete Sternwarte in der Nähe von Kopenhagen, wo er eine grosse Anzahl Sterne bestimmte. Aus den wenigen geretteten Proben sehen wir, dass sie genauer als die von *Flamstead* beobachteten, bestimmt waren. Er arbeitete rastlos bis an seinen Tod 1710. Leider ist, bis auf die Beobachtungen dreier Tage im October 1706, alles für uns verloren; die noch ungedruckten Beobachtungen lagen in einem Wandschranke des Rathhauses verwahrt; da brach 1727 der Brand aus, der auch das Rathhaus in Asche legte. *Horrebow*, *Roemers* Nachfolger, kam zur Rettung herbei, leider schon zu spät; auch viele Jahrgänge der *Horrebow*'schen Beobachtungen wurden mit vernichtet. Jene drei Tage hatten sich in einer besondern Abschrift erhalten; es sind 88 einzelne Culminationen. Diesen geringen Rest, der sogenannte *triduum Roemeri*, hat *Galle* in neuerer Zeit bearbeitet.

Römer hatte bereits einen Vorgänger gehabt, *Longomontanus*, den Sohn, von dessen Beobachtungen aber wenig verlautete. *P. Horrebow* ward *Roemers* Nachfolger, und die Sternwarte blieb seitdem fortwährend in Thätigkeit. Den drei *Horrebows* folgte *Bugga*, diesem *Schumacher* (der aber in *Altona* blieb). *Thuris* und *Olussen*, und in neuester Zeit ist der thätige *d'Arrest* von *Leipzig* dorthin versetzt worden. Von der *Uranienburg* jedoch war schon 1670 jede Spur, und bei den Bewohnern *Heven's* selbst das Andenken daran verschwunden; nur die Fundamente derselben entdeckte man durch Nachgrabungen.

Das grossartigste Wirken *W. Herschel's* beginnt 1774 geschichtlich zu werden, und da es sich in seinem Sohne *John* an gleichem Geiste fortsetzte, umfasst es über 60 Jahre. *Herschel*, 1738 zu *Hannover* geboren, ging mit seinem Vater 1750 nach England und ward für die musikalische Laufbahn bestimmt,

hat auch die Stelle eines Organisten an mehreren Kirchen, zuletzt in *Bath*, bekleidet. Ganz in der Stille beschäftigte er sich mit Schleifen von Teleskopspiegeln und optisch-astronomischen Arbeiten andrer Art, und als er ein 7 füssiges Teleskop zu Stande gebracht hatte, begann er zu beobachten. Die erste astronomische Arbeit welche er veröffentlichte, ist die Durchmessung des sogenannten *Trapezium* des Orion. Seine Beobachtungen waren ausser England wenig bekannt und noch weniger beachtet; er arbeitete jedoch unermüdet fort. Da machte er am 13. März 1781 die wichtige Entdeckung des *Uranus*. Wiewol die meisten Astronomen und er selbst anfangs die wahre Natur des Findlings nicht erkannten und ihn fast zwei Jahre lang für einen Kometen hielten, so erregte doch die Sache ein grosses Interesse. *Georg* III., ein warmer Freund der Himmelskunde, der in *Richmond* selbst eine Privatsternwarte besass, versetzte den Organisten zu *Bath* nach *Slough* bei *Windsor* mit ansehnlichem Gehalt und der Verheissung jeder Unterstützung bei seinen Arbeiten. Wir kennen die Summen nicht, welche *Georg* für Herstellung der *Herschel*'schen Riesenteleskope hergegeben, sie müssen sich aber jedenfalls auf Hunderttausende Pf. Sterl. belaufen haben. Er baute ein 20 füssiges, später ein 25 füssiges, endlich ein 40 F. langes Telescop. Das erste ist noch jetzt brauchbar, das 25 f. hat nur wenige Jahre, das 40 f. zehn Jahre (von 1789 bis 1799) sich brauchbar erwiesen. Von Fernröhren hat er nur selten und gelegentlich Gebrauch gemacht. 1783 war endlich die planetrische Natur des von *Herschel* entdeckten Gestirns ausser Zweifel gesetzt, und *Herschel* wählte für ihn den Namen *Georgsplanet*. Doch hat dieser für Zusammensetzungen mit centrisch, geographisch u. dgl, wenig geeignete Namen nie allgemeinen Beifall gefunden. Die Franzosen wählten den Namen des Entdeckers selbst, in Deutschland versuchte man es mit *Cybele* (wie noch in *Göthe's* Planetentanz) *Rhea* u. dgl.; endlich ist *Bode's* Vorschlag *Uranus*, stehen geblieben.

Herschel's astronomische Wirksamkeit war eine sehr ausgedehnte und vielseitige. Die beiden unermesslichen Gebiete der Doppelsterne und Nebelflecke hat er uns aufgeschlossen, die Zahl der uns sichtbaren Sterne, soweit dies möglich ist, bestimmt, die Farben der Sterne, die Veränderungen ihres Glanzes, ihre Vertheilung am Himmel u. s. w. in Untersuchung genommen; die Planeten, namentlich Saturn und sein System, beobachtet und darin wichtige Entdeckungen gemacht, und neue Aufschlüsse über die Sonnenflecke gegeben u. dgl. Den Mond hat er nur sehr wenig und wie man hinzusetzen muss, nicht mit besonderm Glücke untersucht; doch trägt er nicht die Schuld an den „brennenden Mondvulkanen," die ihm so Viele

zugeschrieben, er sprach nur von den im Erdenlicht sichtbar bleibenden lichteren Stellen. Die zahlreichen Doppelsterne, die er entdeckte, machten der Vernachlässigung wie den Missverständnissen rücksichtlich dieser Gestirne ein Ende; nur in Frankreich wollte man nichts davon wissen. *Voiron*, so hoch er auch *Herschel* achtet und so sehr er seine Verdienste hervorhebt, spricht mit keinem Worte von den Doppelsternen und *Lalande* sagt noch 1804: „*Nous ne croyons pas à de telles choses.*" Doch wie sehr es auch den Franzosen zuwider seinmochte das Verdienst eines Engländers anzuerkennen; schliesslich, wenn auch meist sehr spät, haben sie dennoch der Wahrheit die Ehre gegeben.

W. Herschel wiederholte in den Jahren 1802—4 die Messungen mehrerer früher schon entdeckten Doppelsterne, fand bei einigen derselben Veränderung der Stellung oder Distanz, wie er es erwartet hatte, und entdeckte noch neue. Den Kometen von 1811 hat der 74 jährige Forscher noch beobachtet und den Durchmesser seines Kerns bestimmt. Spätere Beobachtungen von ihm sind nicht bekannt geworden. Er ward von seiner Schwester *Caroline* und seinem Sohne *John* bei seinen Arbeiten unterstützt; *Caroline* kehrte nach dem im 84. Lebensjahre erfolgtem Tode ihres Bruders nach *Hannover* zurück. Sie hat sich durch Entdeckung von 9 Kometen und durch einen Sterncatalog verdient gemacht und das 98. Jahr erreicht Ihr Neffe *Sir John*, ging mit mehreren Instrumenten nach *Passy* bei *Paris*, wo er mit *South* 398 Doppelsterne mass, beobachtete dann fleissig in England und ging 1834 nach dem Cap der guten Hoffnung, um dort mit dem 20 f. *Teleskop* den südlichen Himmel auf Doppelsterne und Nebelflecke eben so zu untersuchen, wie sein Vater den nördlichen untersucht hatte. Er hat die dort erhaltenen Resultate in einem grossen Prachtwerke: *Results of Cape Observations*, herausgegeben. Man findet darin auch Beobachtungen des *Halley*'schen Kometen, der Sonnenflecke, der Milchstrasse und der Magellanischen Wolken. *Herschel* beobachtete in *Feldhauser*, wo zu seinem Andenken eine Pyramide errichtet worden ist; nicht auf der Capsternwarte deren Instrumente für Meridianbeobachtungen eingerichtet sind. Gegenwärtig haben Altersbeschwerden seinem Beobachten ein Ende gemacht.

Ein Nacheiferer *Herschels* war der Oberamtmann *Schröter* in *Lilienthal* bei *Bremen*. Wie *Herschel* arbeitete er mit grossen Teleskopen, das grösste von 27 Fuss Brennweite. Er hatte insbesondere die Mondoberfläche zum Hauptobjekt gewählt, und hätte er uns eine zusammenhängende Mondkarte gegebez, da die von *T. Mayer* gezeichnete für genauere Untersuchungen in

der That zu klein war, so wäre der Wissenschaft durch ihn ein grosser Dienst geleistet worden. Leider verkannte er deren Wichtigkeit und legte sich ein Jahrhundert zu früh die Frage vor: ob auf dem Monde reelle physische Veränderungen vorkommen? Keine der von ihm angeführten hat er zur Gewissheit erheben können. Seine zahlreichen einzelnen Zeichnungen von Mondgegenden in einigen Zusammunhang zu bringen hat der Verf. sich vergebens bemüht; nur seine Bergmessungen sind nicht ganz werthlos und würden, wenn ein zweckmässigeres Mikrometer bei Messung der Schatten angewandt, und die von *Olbers* an *Schröter* mitgetheilte Theorie der Berechnung von diesem consequenter befolgt worden wäre, noch genauer ausgefallen sein. Ein bedeutendes Verdienst aber hat sich *Schröter* dadurch erworben, dass er *Harding* und später *Bessel* für die praktische Astronomie gewann, indem er sie zu seinen Gehülfen machte. Von seiner mit grosser Hartnäckigkeit festgehaltenen Meinung, dass der Saturnsring nicht rotire, vermochte selbst sein Freund *Olbers* ihn nicht zurückzubringen.

W. Olbers, ein geachteter und viel gesuchter Arzt in *Bremen*, Sohn eines Landpredigers, trieb die Astronomie „zu seiner Erholung," allein mit Recht sagte *Lichtenstein*: „hätten wir doch Viele, die so arbeiteten, wie *Olbers* sich erholt." Er hat ganz besonders die Kometen-Astronomie zu seiner Aufgabe gemacht, deren mehrere beobachtet und beschrieben, und 1798 seine berühmte „Abhandlung über die leichteste Art, die Bahn eines Kometen zu berechnen," herausgegeben. Ausser dieser Schrift veröffentlichte er nur einzelne, aber sehr werthvolle Abhandlungen in Zeitschriften. Nach einem halben Jahrhundert folgte eine zweite von *Encke* besorgte, und neuerdings eine dritte Auflage des *Olbers*'schen Werkes. Die Berechnung giebt zunächst nur parabolische Bahnen, aber sie gewährt zugleich die sicherste Beurtheilung, ob die parabolische Form genüge oder nicht.

Olbers eifrigen Nachforschungen gelang es, die fast schon verloren geachtete *Ceres* am 1. Januar 1802 wiederzufinden, und zwei neue Asteroiden, *Pallas* und *Vesta*, selbst zu entdecken. Bis 1817, wo Alter und Kränklichkeit sich fühlbar machten, hat er seine Nachforschungen fortgesetzt. Er starb 1840 und seine Mitbürger haben ihm ein seiner würdiges Denkmal gesetzt.

Waren gleich die Arbeiten von *Gauss* vorherrschend mathematischer, so lagen doch astronomische Probleme bei so vielen zum Grunde, dass schon dies allein ihn in die Reihe der verdientesten Astronomen, die jemals lebten, stellen würde. Aber er hat auch speciell astronomische Fragen in den Bereich

seiner umfassenden Untersuchung gezogen und zwar Fragen von höchster Wichtigkeit und in solcher Fülle, wie kaum irgend ein anderer seiner Zeitgenossen. Er allein verstand es, die *Ceres* so zu berechnen, dass *Olbers* sie wiederfinden konnte; sein Studirzimmer ward das Atelier, wo die Bahnen der neu entdeckten Planeten in kürzester Zeit und so scharf berechnet wurden, dass brauchbare Ephemeriden erhalten werden konnten. Von ihm angeleitet und nach seinen Theorieen arbeiten jetzt unsre jungen Himmelswächter, deren eifrigste Sorge es ist, keinen der zahlreichen Planetoiden zu verlieren. *Gauss* gab uns die Summations-Logarithmen, er vervollkommnete *Legendre's* Methode der kleinsten Quadrate, und seine berühmte *Theoria motus* ist eine reiche Fundgrube für die, welche in schwierigen Fällen sich Raths erholen wollen. Einem so ausserordentlichen Geiste genügte es nicht, in Einer Wissenschaft, und wäre es die ausgedehnteste gewesen, allein zu arbeiten; auch Physik und Chemie, Optik und Mechanik verdanken ihm die wichtigsten Entdeckungen. Auf seinen Antrag und nach seinen Plänen hat *Göttingen* seine neue schöne Sternwarte erhalten.

Hier haben wir auch eines edlen deutschen Fürstenpaars zu gedenken, Herzogs *Ernst* II. von *Gotha* und seiner Gemahlin *Luise*, beides kundige, selbst arbeitende Astronomen und eifrige Beförderer der Wissenschaft innerhalb wie ausserhalb ihres Landes. Mit dem Freiherrn *v. Zach* machte *Ernst II.* astronomische Reisen, namentlich im südlichen Frankreich, wo sie in *Hyères* und an andern Orten Sternwarten anlegten, und hauptsächlich geographische Längen und Breiten auf astronomischem Wege bestimmten. 1797 kam in *Gotha* unter persönlicher Theilnahme des herzoglichen Paares ein astronomischer Congress zu Stande, den man zu wiederholen beschloss, was aber, da kein zweites *Gotha* im damaligen Deutschland zu finden war, unterblieb. Auf der vom Herzoge gegründeten Sternwarte *Seeberg* haben nach einander *Zach*, *Lindenau*, *Encke* und *Hansen* das Direktorat geführt.

Die Fortschritte der Optik, Mechanik und Uhrmacherkunst, die in besonders erfreulicher Weise seit dem letzten Jahrzehnten des 18. Jahrhunderts datiren, kamen den Arbeiten der Astronomen sehr wesentlich zu Statten. Die *Reichenbach*'schen Vollkreise traten an die Stelle der *Bird*'schen Mauerquadranten, die Uhren von *Jürgenson* und *Kessels* in *Altona*, von *Harrison*, *Mudge*, *Arnold* und *Dent* in *England*, von *Tiede* in *Berlin*, gelangten zu einer früher nie geahnten Vollkommenheit; das von *Bouvard* erfundene Heliometer ward von *Fraunhofer* wesentlich umgestaltet und verbessert; von demselben, leider schon im 39. Jahre verstorbenen genialen Künstler, auch die Achro-

mate in bedeutender Grösse. und einer Vollkommenheit hergestellt, die diesen Instrumenten einen grossen und weitverbreiteten Ruf verschafft hat.

Frankreich, wo theoretische und praktische Astronomen sich schärfer als in Deutschland trennen, blieb im allgemeinen Wetteifer nicht zurück. *Laplace's Mecanique céleste* kann der *Theoria motus* zur Seite gestellt werden; *Poisson* und *Pontécoulant* arbeiteten in gleichem Geiste; *Lalande* und sein Neffe beobachteten auf der Sternwarte der *Ecole militaire*, wo sie gegen 50000 Culminationen erhielten, und sie in der *Histoire céleste* veröffentlichten, während *Burkhardt* Kometenbahnen untersuchte und Mondtafeln berechnete, die damals für die besten galten. Auch kamen jetzt, allerdings etwas spät, die Doppelsterne durch *Savary* zur Anerkennung.

England hatte im Verlauf des 18. Jahrhunderts neben *Greenwich* noch andere und zwar sehr gut ausgerüstete Sternwarten erhalten: *Cambridge*, *Oxford*, *Edimburg*, *Dublin* und noch einige andere. Sie waren sämmtlich in Thätigkeit und die Sterncataloge, die wir von ihnen erhielten, übertrafen an Reichhaltigkeit und Genauigkeit die des Continents. Auch die aussereuropäischen Länder wurden von ihnen mit Sternwarten versehen: *Paramutha*, das *Cap*, *S. Helena*, *Madras* und *Calcutta*.

In Russland entstanden, namentlich seit dem Anfange dieses Jahrhunderts, grossartige Institute für Himmelsbeobachtung: *Dorpat*, *Helsingfors*, *Pulkowa*, *Moskau* und andre, zu denen deutsche Künstler die Instrumente lieferten, wie dann auch grösstentheils Deutsche dort als Astronomen fungiren. Ebenso wurden astronomische Land- und Seereisen von Russland angeregt und ausgeführt.

Auch die nordamerikanische Union, die sich längere Zeit gegen Himmelsforschung gleichgültig, ja fast feindlich zeigte, hat seit den dreissiger Jahren dieses Jahrhunderts das Versäumte reichlich nachgeholt, und die dort zahlreich entstandenen Sternwarten stehen den besten europäischen nicht nach. In gleicher Weise ist in Egypten nach anderthalbtausendjährigem Schlummer die Himmelsforschung neu belebt worden: *Cairo*'s Sternwarte unter dem thätigen *Mahmud Ismael* tritt an die Stelle des alten *Alexandria*. In der That sehen wir nur noch wenige Länder, in denen die Himmelskunde noch keine bleibende Stätte gefunden hat, und wir haben nur zu beklagen, dass grade die herrlichsten und für die Beobachtung günstigsten Klimate (wie Westindien, Südpersien, Südarabien) sich unter diesen wenigen nicht befinden.

Wir unterlassen es, diese Uebersicht bis auf die Gegenwart fortzuführen. Konnten schon in den bisher geschilderten

Zeften Wiederholungen dessen, was schon anderweitig in unserm Werke vorkommt, nicht durchaus vermieden werden, so würde eine Schilderung dessen, was in der Gegenwart von den noch unter uns Lebenden oder erst kürzlich vom Schauplatze Abgetretenen geschehen, fasst nur aus solchen Wiederholungen bestehen, abgesehen davon, dass so Manches in sich selbst noch unfertig dasteht und seine geschichtliche Würdigung erst von der Zukunft erwarten kann. Der Verfasser hofft, dass es ihm in seinem Alter noch vergönnt sein werde, die „Geschichte der Astronomie" vollständiger und in genügenderem Zusammenhange in einem selbstständigen Werke erscheinen zu lassen.

Erläuterungen

zu den

ABBILDUNGEN

von

Mädler's Astronomie.

I—IV geometrische Figuren.

V.

Die beiden Marshemisphären.

In dieser Darstellung ist der Versuch gemacht worden, die in den Oppositionen von 1830—1839 auf der Oberfläche des Mars von Herrn *W. Beer*, und mir beobachteten Flecke zu einer allgemeinen Karte der Marskugel zusammenzusetzen. Es hatte sich nämlich aus der Vergleichung der besseren Darstellungen dieser verschiedenen Jahre die Ueberzeugung ergeben, dass die Flecke in der Hauptsache unveränderlich seien. Es konnte daher unter Zuziehung der ermittelten Rotationsperiode und der bereits von *Herschel* bestimmten Lage der Marsaxe der Versuch gemacht werden, sie nach ihrer a ë r o g r a p h i s c h e n (auf die Marskugel bezogenen) Länge und Breite darzustellen. Auf den beiden als Nord- und Südhalbkugel bezeichneten Kreisflächen liegen daher die Pole in der Mitte, und die sie umgebenden Kreise sind 60° Br., 30° Br. vom Aequator, die beiden punktirten Kreise auf der Südhalbkugel bezeichnen die Ausdehnung des weissen Flecks 1830 (als er in seinem Sommer) und 1837 (als er in seinem Winter stand). Auf der Nordhalbkugel ist der weisse Fleck durch die schwarze Zone, die ganz nach den Beobachtungen von 1837 dargestellt ist, hinreichend begrenzt. Die übrigen auf der Südhalbkugel befindlichen schwarzen Flecke sind die von 1830, welche zum grössern Theile 1832, und einigermassen auch 1837 und 1839 wieder erschienen; die Nordhalbkugel ist nur zum geringeren Theile nach 1830, meistens

nach 1837 dargestellt. Durch den mit *a* bezeichneten Fleck ist der erste Meridian gelegt und von hier ab von 30° zu 30° herumgezählt, wodurch die Längengrade erhalten worden sind. Die Punktirung bei *d* begrenzt eine röthliche Zone, die einzige, welche 1830 gesehen ward. Um die Flecke, welche vom Aequator durchschnitten werden, im Zusammenhange übersehen zu können, sind die jenseitigen Grenzen derselben durch punktirte, über den Aequator hinausreichende Linien angedeutet.

Man sieht aus dieser Zeichnung, verglichen mit dem, was in §. 124—127 der Astronomie ausführlicher gesagt worden, dass die weissen Flecke an den Polen sowohl ihrer Farbe als auch ihren von den Jahreszeiten abhängenden Veränderungen nach mit den Schneeregionen, welche die Erdpole umgeben, verglichen werden können, und es ist daher höchst wahrscheinlich, dass dort dasselbe meteorologische Phänomen der Erscheinung zum Grunde liege. Wenn man eine Schneebedeckung der Marspole annimmt, so wird man auch ein Wasser in tropfbarer wie in Dunstgestalt annehmen müssen, und folglich zu dem Schlusse gelangen, dass die den Mars umhüllende Atmosphäre der der Erde ähnlich sei. In den schwärzlichen Flecken wird man demnach geneigt sein, entweder Meere oder Theile des Landes, die das Licht schwächer zurückwerfen, zu vermuthen; wahrscheinlich findet Beides Statt, da die Flecke so sehr verschieden an Intensität, wie an Schärfe der Begrenzung gefunden werden. Dass die den Nordpol umgebende schwärzliche Zone 1837 viel dunkler, breiter und ununterbrochner als 1839 erschien, hat seinen Grund vielleicht darin, dass diese Gegenden 1837 von eben schmelzendem oder bereits aufgelöstem, aber noch nicht abgetrocknetem Schnee bedeckt waren (die Jahreszeit stimmt mit der unsrigen, Anfang Mai, zusammen), während 1839, in einer unserm Juni und Juli correspondirenden Jahreszeit, der Boden bereits grösstentheils abgetrocknet und folglich fähiger war, das Sonnenlicht zurückzuwerfen.

Tab. VI.

J u p i t e r.

Die fünf Darstellungen des Jupiter stellen denselben in folgenden Zeitmomenten vor.

1.	1834 Dec.	23.	0^h	17'	45"	Sternzeit	Berlin
2.	„ „	„	0	55	0	„	„
3.	1835 Jan.	2.	23	55	0	„	„
4.	1836 „	16.	4	50	0	„	„
5.	„ „	17.	6	0	0	„	„

Die Rotation Jupiters ist nach den §. 134. angeführten Beobachtungen 9^h 55' 26",56, woraus man abnehmen kann, dass schon nach 5—10 Minuten die Flecke eine Verschiedenheit der Lage bemerklich machen können. Die beiden schwärzlichen Flecke, welche sich in den 3 ersten Zeichnungen wiederholen, sind die, welche zur Bestimmung der obigen Rotationsperiode dienten. Der Grund der merklich abgeplatteten Scheibe ist gelb, und zwar gegen die Mitte hin heller und reiner als in N. und S. Auf diesem gelben Grunde ziehen schwärzliche und bräunliche Streifen hin, von denen man in der Regel zwei auf den ersten Blick, und bei einiger Aufmerksamkeit in guten Ferngläsern noch mehrere bemerkt. Diese Streifen sind indess nicht constant, wie die Flecke des Mars, obwohl die Veränderungen viel langsamer vor sich gehen, als die unsrer Wolken. Im Laufe der Beobachtungen verändern sie sich so, dass man nach einer Unterbrechung von 2—3 Monaten, wie die Conjunctionen des Planeten mit der Sonne sie veranlassen, gewöhnlich nicht dieselben Streifen wiederfindet. Die erwähnten beiden schwärzlichen Flecke z. B. waren vom 4. Nov. 1834 (wo unsre Beobachtungen derselben begannen) bis zum 18. April 1835 gut sichtbar, allein der Streifen, auf welchem sie standen, verschwand allmählich im Laufe des Februars; und als im Anfang August 1835 Jupiter wieder beobachtet werden konnte, war nichts von den Flecken zu sehen.

Ebenso sind auch die Streifen, welche im Januar 1836 (Fig. 4. und 5.) erschienen, ganz andre als die, welche ein Jahr früher beobachtet wurden; sie sind beträchtlich schmäler, liegen einander näher, und weiter gegen S. als die in den 3 ersten Figuren. 4 und 5 stellen übrigens 2 verschiedene Seiten der Kugel dar.

Näher dem Ost- oder Westrande zu werden die Streifen matt und unkenntlich; an den Rändern selbst sind sie nicht mehr wahrzunehmen. Nach dem Nord- und Südrande hin erblickt man dagegen eine trübe Schattirung, aus grau und gelb gemischt; in starken Fernröhren bemerkt man, dass sie ebenfalls aus sehr kleinen und einander sehr nahen Streifen besteht, die man zuletzt nicht mehr einzeln unterscheiden kann. Die Lage dieser Streifen ist nicht durchaus parallel dem Jupitersäquator, wiewohl die Abweichungen nur unbeträchtlich sind.

Wenn sich zuweilen auf der Scheibe ganz schwarze, kreis-

förmige, scharf begrenzte Flecke zeigen, so rühren diese von den Trabanten her, die ihren Schatten auf Jupiter werne. Diese unterscheiden sich auch durch ihre Bewegung sehr bald von denen, welche der Oberfläche (oder der diese umhüllenden Atmosphäre) des Jupiter angehören.

Tab. VII.

Venus.

Die 18 Umrissfiguren der Venus, welche hier gegeben sind, stellen dieselbe vor ihrer untern Conjunction, wie sie 1833 und 1836 erschien, nach unsern Beobachtungen dar. Sie beziehen sich auf die folgenden Momente, die sämmtlich in den vollen Tag, einige auch in die helle Dämmerung fallen.

1.	1833	März	21.	7^h	29′		Mittlere Berliner Zeit.
2.	„	„	„	7	39		„ „ „
3.	„	„	25.	5	14		„ „ „
4.	„	„	„	5	43		„ „ „
5.	„	„	26.	5	17		„ „ „
6.	„	„	„	5	35		„ „ „
7.	„	„	29.	5	8		„ „ „
8.	„	„	„	5	21		„ „ „
9.	„	April	5.	4	49		„ „ „
10.	„	„	6.	5^h	42′	bis 5 52′	„ „ „
11.	1836	„	7.	7	20		„ „ „
12.	„	„	20.	6	1		„ „ „
13.	„	Mai	4.	6	17		„ „ „
14.	„	„	14.	5	30		„ „ „
15.	„	„	18.	7	18		„ „ „
16.	„	„	18.	23	45		„ „ „
17.	„	„	20.	4	43	bis 4^h 50′	„ „ „
18.	„	Juni	10.	6	47		„ „ „

In diesen Figuren, die eine Auswahl aus vielen andern ähnlichen sind, zeigt sich nicht die reine elliptische Gestalt, wie eine mathematische, unter irgend einem Winkel seitwärts beleuchtete Kugel an der inneren Lichtgrenze zeigen muss, sondern Abweichungen verschiedener Art werden bemerkbar. Insbesondere zeigt sich die Krümmung und Zuspitzung der Hörner sehr verschieden. An dieser Verschiedenheit können nun zwar die atmosphärischen Veränderungen auf unsrer Erde Antheil haben, doch nur insofern beide Hörner der Venus auf gleiche

Weise davon afficirt werden. Wenn aber, wie diess z. B. in der 13. und 17. Figur höchst augenfällig ist, dass nördliche Horn ein ganz verschiedenes Verhalten, verglichen mit dem südlichen, zeigt, so kann die Ursache nur in der Venus zu suchen sein. Gebirgsartige Ungleichheiten, wenn sie sich auf der Venus vorfinden, müssen, ähnlich wie bei unserm Monde, eine Ungleichheit der Horngestalt erzeugen, und man kann daher mit Wahrscheinlichkeit auf solche schliessen: zugleich scheint es, dass auch hier, wie es beim Monde ausser Zweifel ist, um den Südpol herum grössere und häufigere Unebenheiten als um den Nordpol sich finden.

Der Umstand: dass die Veränderungen dieser Horngestalt sehr rasch, oft schon nach 5 bis 10 Minuten merklich, vor sich gingen, verbunden mit der Wahrnehmung, dass sich dieselbe oder eine sehr ähnliche Figur nach etwa $23^1/_4$ Stunden wiederholte, führte uns zu dem Schlusse, das *Cassinis* Rotationsperiode (23^h 15′) vor der Bianchinischen (584^h) den Vorzug verdiene. Zur Gewissheit konnten wir diesen seit länger als einem Jahrhundert streitigen Punkt nicht erheben, da es uns nicht gelungen war, Flecke auf der Venus wahrzunehmen. Dies ist jedoch dem Director der Sternwarte des Collegio Romano, Herrn *P. de Vico*, und seinen Gehülfen gelungen. In dem trefflichen italienischen Klima erlaubte die Durchsichtigkeit und die Ruhe der Atmosphäre die höchst schwachen Flecke auf der Venusscheibe wahrzunehmen und wiederholt zu messen. Bereits sind mehrere tausend Messungen ausgeführt. Es geht daraus hervor, dass die Bianchinische Periode gänzlich zu beseitigen sei, da sie nur auf einem Missverständniss des Gesehenen beruht. Wie nahe die Cassinische Periode von der wahren noch abweiche, müssen die definitiven Resultate lehren, im Allgemeinen aber ist sie durch *de Vico's* Wahrnehmungen bereits bestätigt, und dieser lange Streit hiermit geendet. Es steht nunmehr fest, dass die vier untern Planeten Mercur, Venus, Erde, Mars nahe die gleiche Rotationszeit haben und also auch in dieser Beziehung eine zusammengehörende Gruppe bilden.

Tab. VIII.

Mondlandschaft Schröter.

Auf dieser Tafel findet sich ein Theil der Mondlandschaft Schröter, einer kleinen, durch die Gestaltung ihrer Höhen merkwürdigen Hügellandschaft. Dieser Theil erstrekt sich von *a*

bis ε und *C* gegen 16 geogr. Meilen. Die Erhöhungen sind sämmtlich sehr mässig, steile Böschungen kommen nur im Innnern der kleinen Crater vor, deren sich auch hier mehrere finden Der höchste Berg *Γ* in der Mitte der Landschaft hat 2340 Fuss. Höhe; von den übrigen Bergen mögen die höchsten etwa halb so hoch, und die geringsten, uns hier noch sichtbaren, kaum auf 100 Fuss senkrechter Erhebung sich erstrecken. An mehreren Stellen bemerkt man eine auf den ersten Anblick überraschende Regelmässigkeit und Parallelität der Hügelketten, die indess auch auf der Erde keineswegs ohne Beispiel ist. Die auffallendste Uebereinstimmung zeigen die mit *b, d, e, f, g* bezeichneten Kesselthäler, welche durch Querjoche von gleicher Höhe und in nahe gleichem Abstande geschieden, und in *O.* und *W.* von zwei parallelen Ketten gemeinschaftlich begrenzt, in schräger Beleuchtung fast das Ansehn einer von der Seite betrachteten Leiter darbieten. Alsdann sind nämlich die untern Theile der Bergrücken, welche mehrfache Aus- und Einbiegungen bilden, gleich den Thälern, selbst mit Schatten bedeckt, und man sieht nur die schmalen, fast gradlinigten Rücken als Lichtlinien, was die Täuschung befördert. Die 5 Thäler mögen jedes 1½ bis 3 Meilen lang und ½ bis ¾ breit sein; auch bedarf es eines stark vergrössernden Fernrohrs, sie zu erblicken, was überhaupt nur einen Tag nach dem ersten und zur Zeit des letzten Viertels möglich ist.

Hier war es, wo Herr *v. Gruithuisen* in München im J. 1821 ein System künstlicher Wälle entdeckt zu haben glaubte und in ihnen Befestigungen und Wohnplätze der Seleniten sah. Er hatte indess keine genaue Bezeichnung des Orts gegeben, und so war es weder *Lohmann* 1823, noch auch Herrn *W. Beer* und mir gelungen, dieses vielbesprochene Wallwerk aufzufinden, und was unsere Karten an dieser Stelle geben, konnte nicht detaillirt genug sein, um eine genaue Vergleichung zuzulassen. Endlich gelang es am 2. Mai 1838, diese Gegend im grossen Refraktor der Königl. Sternwarte zu Berlin so zu erblicken, wie sie hier dargestellt ist. Man wird sich leicht überzeugen, dass keine Veranlassung gegeben ist, an künstliche Wälle zu denken. Es lassen sich auf dem Monde an mehreren Stellen solche dem Anscheine nach sehr regelmässige Gebilde nachweisen, die aber bei schärferer Untersuchung zeigen, dass sie um nichts regelmässiger sind, als manche natürliche Gebilde auf unserer Erde, die, wenn wir sie aus so grossen Fernen betrachten könnten, viel mehr Uebereinstimmung und Symmetrie der Theile zeigen würden, als wir jetzt an ihnen wahrnehmen.

Tab. IX.

Umgegend des Mond-Nordpols.

Auf dieser Tafel ist diejenige Gegend des Mondes welche den Nordpol zunächst umgiebt, nach meinen im Jahre 1834 ausgeführten Zeichnungen und Messungen dargestellt. Wie in dem betreffenden Abschnitte bemerkt worden, sehen wir vom Monde stets nur eine Seite, von der andern nur zuweilen einige Mondlandschaften in sehr schräger Projection, was von der jedesmaligen Libration abhängt. In gegenwärtiger Zeichnung ist nun die günstigste Libration gewählt, um so viel als möglich von der jenseitigen Halbkugel noch mitzunehmen und die dargestellten Landschaften möglichst wenig zu verkürzen. Den Maasstab dieser perspectivischen Verkürzung geben am direktesten die elliptisch erscheinenden, in der Wirklichkeit aber fast sämmtlich kreisförmigen Wallgebirge. So sind die namentlich aufgeführten Scoresby, Gioja und Euctemon auf ein Drittel bis ein Fünftel nach der auf den Rand senkrechten Richtung verkürzt.

Die Lage des Nordpols ist hier bezeichnet; die übrige Darstellung reicht westlich etwa 10° (41 geogr. Meilen), östlich 14° (57 Meilen) weit. Scoresby liegt 13½° vom Pole, und die am äussersten Rande dargestellten, der jenseitigen Halbkugel angehörenden Landschaften reichen etwa 6° über den Pol hinaus. Der Charakter dieser Landschaft zeigt nichts besonders Eigenthümliches, wenn man sie mit den übrigen Mondgegenden vergleicht. Man erblickt grosse Ringwälle zum Theil mit Centralbergen, steil nach Innen, sanfter und allmähliger nach aussen abfallend, und unter einander durch Bergzüge der verschiedensten Richtung und Höhe verbunden. Die Farbe dieser Gegenden ist fasst durchweg sehr hell, wie denn überhaupt die Randlandschaften zu den hellsten der Mondfläche gehören, ausser an den Stellen, wo eine graue Marefläche sich bis an den äussersten Rand erstreckt. Es ist deshalb hier überflüssig gehalten worden, sie besonders durch Punkte hervorzuheben, welche der Terraindarstellung nachtheilig gewesen wären. Die eigentlichen Schatten, welche von den Berggipfeln in die Thäler und Ebenen, wie in das Innere der Ringgebirge fallen, gehören nicht in eine Darstellung der Mondoberfläche, wie sie ist.

Zwischen den Berg- und Hügellandschaften zeigen sich auch Ebenen von nicht unbeträchtlicher Ausdehnung. So ist die, welche sich zwischen Gioja und der mit α bezeichneten Bergkette hinzieht, von *O.* nach *W.* etwa 20 Meilen, von S. nach *N.* aber gegen 30 Meilen gross, obwohl die letztere Dimension, der perspectivischen Verkürzung wegen, hier als die kleinere erscheint. Eine zweite von ähnlicher Grösse ist die, in welcher der Pol selbst liegt, und die von den beiden Bergketten α und β begrenzt wird. Nur eine sehr unbedeutende Hügelkette unterbricht sie. Der Pol liegt (so weit die Genauigkeit der Messungen es zu beurtheilen gestattet) am Fusse des hohen Berges β, der schon der jenseitigen Halbkugel angehört. Dieser Berg konnte nicht gemessen werden, von einigen Andern ist ein Versuch gemacht, obgleich es sehr schwierig ist, hier Schatten wahrzunehmen. Es findet sich

für	α zwischen Gioja und dem Pole	8850	Fuss	Höhe,
„	δ westlich vom Pole	7750	„	„
„	o nördlich von Anaxagoras	6510	„	„
„	γ östlich bei Euctemon	7950	„	„
„	β im Euctemon	10500	„	„

Angaben, denen zwar keine grosse Genauigkeit beizumessen ist, die indessen doch eine allgemeine Vorstellung von der Höhe der den Nordpol umgebenden Gebirge verschaffen können. Aus dieser Lage und Höhe der Gebirge, verbunden mit der Stellung der Mondaxe, lässt sich der Schluss ziehen, dass in den Ebenen und Thälern der äussersten Polargegend eine beständige Dämmerung, und auf den Höhen selbst ein ewiger Sonnenschein herrsche.

Tab. X.

Mondlandschaft Fracastor und südlicher Theil des Mare Nectaris.

Fracastor ist ein Beispiel eines an einer Seite geöffneten Ringgebirges, deren sich mehrere von verschiedener Grösse auf der Mondfläche finden und das Ansehen eines Meerbusens haben, da die offene Seite stets gegen ein so genanntes Mare gerichtet ist. Wie es hier dargestellt ist, habe ich es im

grossen Refractor der Dorpater Sternwarte, welcher in seinen Dimensionen dem Berliner gleich ist, am 21. Dcbr. 1840 und an einigen andern Abenden erhalten. Man erblickt an der scheinbar offenen Seite gleichwohl einen wenig unterbrochenen Hügelzug, der sich in der Mitte zu einem etwa 800 Fuss hohen Berge erhebt. Das Ringgebirge, aus einer Menge einzelner labyrinthisch durcheinander streichender Bergzüge bestehend, ist in seinem höchsten westlichen Gipfel gegen 8000, sonst im Durchschnitt 5000 F. hoch, von mehrern Cratern unterbrochen und steil gegen das Innere abfallend. Dieses ist gleichfalls nicht eben, wie der erste Anblick vermuthen lässt, vielmehr mit einer Menge flacher Hügel und beulenförmiger Erhebungen besetzt, auch einige schwach vertiefte Crater zeigen sich hier.

Tab. XI.

Mondlandschaft Gassendi.

Im südöstlichen Theile des Mondes gelegen, kreisförmig, nur hier in einer mässigen perspectivischen Verkürzung erscheinend, wie ich sie an drei Abenden des Februar und März 1841 gezeichnet habe. Besonders am 1. Abend, des 2. Februar, zeigte sich diese Landschaft bei 16 Grad *R.* Kälte in prachtvoller Deutlichkeit, so dass ich zwischen 4¾ und 11½ Uhr den grössten Theil derselben messen und zeichnen konnte. An den beiden andern Abenden sind nur die damals im Schatten liegenden Abhänge and Flächen nachgetragen worden. Sie hat im Durchmesser etwa 13 Meilen, ungerechnet das kleinere, aber beträchtlich tiefe Ringgebirge, was nördlich an Gassendi grenzt. Besonders merkwürdig sind 14 Rillen in seinem Innern, welche die Mitte und den westlichen Theil durchziehen und, mit Ausnahme von 3 oder 4, sehr schwer zu sehen sind. (In Berlin habe ich keine derselben wahrgenommen und überhaupt hier nie Rillen vermuthet). Nächstdem zeigen sich in der Fläche über 100 Berge und Bergrücken, die meisten sanft und niedrig; einige, die dem Ringgebirge näher liegen, steiler, aber sehr schmal. Das Centralgebirge, aus acht Bergköpfen bestehend und gegen 2000 Fuss hoch, überragt sie alle, wird aber selbst vom Ringgebirge weit übertroffen, das an einigen Punkten des westlichen und östlichen Randes gegen 8000 F. emporsteigt und

im Ganzen zwischen 3500 und 5000 F. sich hält. Nur im Süden ist ein etwa 6 Meilen langer Zug sehr schwach und stellenweise noch unte r600 Fuss hoch, auch beträchtlich schmäler als das Uebrige und einfach fortschreitend. Mit dieser Seite grenzt Gassendi an das Mare Humorum, eine gründliche, fast ganz ebene, gegen die umliegenden Landschaften stark vertiefte Fläche, und nördlich öffnet es sich gegen ein etwa 4 Meilen im Durchmesser haltendes, aber äusserst steiles und mehr als 10000 Fuss abstürzendes Ringgebirge.

Tab. XII.

Mondlandschaft Petavius.

Diese Mondgegend liegt dem Rande schon ziemlich nahe, so dass in ihr die kreisförmigen Gebilde uns schon als Ellipsen mit einem Axenverhältniss von 1 : 2 oder selbst noch mehr verkürzt erscheinen. Sie ist in der hier gegebenen Darstellung das Ergebniss dreier sehr heitern Winternächte (Jan. 9., Febr 7. und Febr. 8. 1841, mit den Temperaturen — 8°,0; — 19°,8; — 16°,3), in deren jeder 3 – 4 Stunden der Messung und Zeichnung gewidmet wurden, und wozu später noch einige gelegentliche Nachträge kamen.

Das Hauptgebilde ist Petavius (ein Theil des Hevel'schen Mons Nerosius), dessen Centralberg *a* nach 11 im Jahre 1833 und 34 angestellten Messungen unter + 24° 38′ 58″ der südlichen Breite und 59° 15′ 53″ der westlichen Länge liegt. Die innere Fläche hat etwa 18 Meilen im Durchmesser und 250 Quadratmeilen Flächeninhalt. Den schönsten Anblick gewährt sie, wenn im März, April oder Anfangs Mai der Mond 3 Tage über die Conjunction hinaus ist', oder im Herbst und Winter 2 Tage nach dem Vollmonde. Schon im ersten Viertel hat man Mühe ihn aufzufinden, und im Vollmonde ist er gar nicht zu sehen; denn hier unterscheiden sich die Höhen keineswegs durch hellere Färbung, sondern können nur durch ihre Schatten hervorgehoben werden. Das die Fläche umgebende Ringgebirge zieht an den meisten Stellen doppelt, ja dreifach, so dass grosse Hochthäler von diesen Ketten umschlossen werden. Das Innere ist gleichsam beulenförmig aufgetrieben, so dass man die tiefsten Stellen am Fusse des Ringgebirges und

seiner Terrassen zu suchen hat. Ausser dem überall verbreiteten flachen und niedrigen Gehügel zeigt sich in der Mitte ein kleines Centralgebirge von 8 oder 9 höhern Gipfeln; die höchsten sind *a* von 5250 und *m* von 3528 Pariser Fuss. Diese Gipfel zeigen untereinander nur geringe Verbindung, und gar keine mit dem Walle, ausser dass eine lange und schmale Furche *b* (Rille) von ungleicher Tiefe und Breite von *a* aus in südöstlicher Richtung dem Walle zuzieht und diesen noch theilweis durchbricht, Diese Rille glänzt mit ihren Rändern stärker als das Uebrige, so dass man, wenn man den Ort genau kennt, auch noch im Vollmonde eine Spur von ihr wahrnehmen kann.

Die Unebenheiten des Walles wahrzunehmen, ist ein starkes Fernrohr erforderlich. Bei *c* hat er eine Art von Thor, und eine zweite Unterbrechung bildet die erwähnte Rille; sonst aber ist überall Zusammenhang. Die Höhe ist sehr beträchtlich. Im Westen scheint *e* der höchste Punkt zu sein; er liegt 6036 Fuss über den Hügeln südlich von *a*, auf welche das Ende seines Schattens fällt. Beträchtlicher ist der östliche Wall, dessen höchste Erhebung bei *b* 10176 Fuss beträgt. Die Höhe der beulenförmigen Erhebung, welche die Basis des Centralgebirges bildet, ist etwa 700 Fuss. Mit den äusseren Umgebungen der Ringgebirge lässt sich keine Höhenvergleichung anstellen, da die Schatten hier auf lauter bergiges Land fallen. Ueberaus wild und zerrissen erscheint namentlich die Gegend zwischen *h* und *i*.

An der Südspitze des Ringgebirgs steht ein Crater *c*, ziemlich tief und zugleich hellglänzend, daher auch in höherer Beleuchtung noch wahrnehmbar.

Im Westen des Petavius zeigt sich zuerst ein Kesselthal, dem *Schröter* den Namen Palitzsch gegeben hat. Es ist 3 Mal so lang als breit; optisch ist das Verhältniss sogar 1 : 8. Es liegt gegen 6000 Fuss unter seinem Walle; und das Innere ist von *f* an, so viel sich erkennen lässt, eben. Das kleinere Ringgebirge *g* hat ebenfalls einen sehr steil abfallenden Wall.

Im Osten zeigt sich ein Ringgebirge von 4 Meilen Durchmesser, mit einem schwachen Centralberge *k*, der aber ziemlich hell glänzt, eben so wie die höchste Rückenlinie des Walles. Dieser ist ungeheuer schroff und zeigt noch 4 Tage, nachdem die Sonne über ihm aufgegangen ist, deutliche Spuren von Schatten. Er liegt 8290 Fuss über der Tiefe und ist ringsherum geschlossen.

Noch eine Menge unregelmässiger, und dann auch meist sanfter abfallender Kesselthäler zeigt sich in Petavius' Umgebung, von denen jedoch diese Darstellung nur den geringeren Theil

enthält. Crater von mannichfachen Grössen und Formen fehlen gleichfalls nicht, und sie müssen sämmtlich ziemlich tief sein, da sie sonst in dieser schrägen Projection uns wohl nicht mehr als Crater erscheinen würden. Auch zwei kleine dunkle Flecke erblickt man hier in hoher Beleuchtung, doch hält es schwer, sie richtig zu verzeichnen, da sie nur dann gut sichtbar sind, wenn man vom Ringgebirge selbst nichts mehr sieht. Sie sind in unserer Darstellung durch *p* und *q* bezeichnet.

Grosse breite Lichtstreifen ziehen, wie fast durch den ganzen südwestlichen Quadranten, so auch über diese Gegend zur Zeit des Vollmondes hin. Sie folgen aber keinesweges den Windungen der Gebirge, sondern ziehen gradlinigt oder doch nur wenig gebogen über Höhen und Tiefen hinweg. *Hevel*, der diese Lichtstreifen noch für wirkliche Gebirge hielt, zeichnet sie auf seinen Karten als Mons Nerosius, in dem sich aber gar keine Aehnlichkeit mit unserm Petavius findet, was auch nicht zu erwarten war, da er, wie oben gesagt im Vollmonde nicht gesehen werden kann.

An das Ringgebirge Petavius schliessen sich sowohl nach N. als S. hin andere ähnlich gebildete, die mit ihm nahe unter gleichem Merdian liegen. Der ganze grosse Ringgebirgsgürtel ist gegen 150 geogr. Meilen lang und begreift die 4 grossen Ringflächen Langrenus, Vendelinus, Petavius und Furnerius, die zwar nicht unmittelbar aneinanderstossen, aber deren Wälle durch Gebirgsarme verbunden sind, und zu denen noch weiter im S. die kleineren Fraunhofer und Vega kommen. Um die Zeiten, wo Petavius günstig erscheint, kann man den ganzen Gürtel verfolgen, und schon kleinere Fernröhre reichen hin, ihn in seinen Hauptumrissen deutlich zu zeigen. Höchst interessant ist das Auftauchen der zahlreichen Gipfel aus der umgebenden Mondnacht bei zunehmendem Monde.

Tab. XIII. u. XIV.

Doppelsternbahnen.

In dem Abschnitt über Doppelsterne sind diejenigen, bei welchen der Begleiter eine um den Hauptstern kreisende Bewegung zeigt, angemerkt, und von einigen derselben ein Versuch, die Bahn zu bestimmen, gegeben worden. Auf gegen-

wärtigen zwei Blättern sind nun 11 dieser Doppelsterne, unter denen ein dreifacher, dargestellt. Bei vielen derselben ist die scheinbare und die daraus berechnete wahre Bahn angegeben; bei 7 andern nur die erstere, da der zurückgelegte Theil derselben noch nicht hinreicht, die wahre Bahn daraus abzuleiten.

Der erste ist Castor oder *α* Geminorum, einer der glänzendsten Doppelsterne unseres nördlichen Himmels. Seine gegenwärtige scheinbare und wahre Position zeigt die Zeichnung. Der Begleiter wird gegen ein halbes Jahrhundert lang in nahe gleicher (scheinbarer) Entfernung um seinen Hauptstern kreisen und sich dann rascher ihm nähern, bis er etwa im J. 1913 sein scheinbares und wahres Perihel erreicht. Doch ist diese Bahn eine von denen, die noch grosse Zweifel zulassen, da die älteren vor *Heschel* I. gemachten Beobachtungen sehr ungenau zu sein scheinen und die seit 60 Jahren gemachten wohl noch nicht mehr als 1/4 der Bahn umfassen.

η Coronae. Die beiden einander scheinbar äusserst nahe stehenden Sterne dieses Systems vollenden ihre gegenwärtige Bahn in etwa 43 Jahren. Sie ist indess hier als einseitige und der Hauptstern als ruhend dargestellt, wie man in allen ähnlichen Fällen verfährt. Die scheinbare Distanz hat sie in den nächsten Jahren etwas von einander entfernt, während sie in der wahren einander näher kamen; nach 1853 aber rücken sie auch scheinbar wieder zusammen, und später wird es sehr schwierig werden, sie selbst in den stärksten Ferngläsern als Doppelstern wahrzunehmen.

γ Virginis. Dieser merkwürdige Doppelstern besteht aus 2 Sternen der dritten Grösse, die an Glanz sehr nahe gleich sind, und wechselweise einander etwas zu übertreffen scheinen. Vor 120 Jahren standen sie noch so weit auseinander, dass *Cassini* bei einer Bedeckung dieser Sterne durch den Mond die Momente bequem einzeln wahrnehmen, und daraus ihren Abstand und Richtungswinkel bestimmen konnte. Seit dieser Zeit sind sie einander jedoch so nahe gerückt, dass 1835 schon die stärksten Ferngläser ihn kaum noch doppelt und 1836 wirklich nur länglich zeigten. Jetzt stehen sie wieder gegen 4″ auseinander und werden sich bis in den Anfang des künftigen Jahrhunderts hinein immer mehr von einander entfernen. Die wahre Bahn ist von der scheinbaren nicht sehr verschieden.

p Ophiuchi. Ein Stern sechster Grösse, um einen der vierten kreisend. Die Periode scheint 92 Jahre zu sein. Wie die meisten Doppelsternbahnen, ist sie ziemlich excentrisch, doch die wahre weniger als die scheinbare. *Herschel* fand im J. 1779 seine Richtung mit der des Parallels übereinstimmend, jetzt ist sie nach Vollendung fast eines Umlaufs noch 25 Grad von der-

selben entfernt und nähert sich ihr allmählich wieder, so dass seit dieser Zeit der Stern den grössten Theil seiner Bahn zurückgelegt hat und 1855 beiläufig in seiner grössten Entfernung vom Hauptstern stand, welche 6½ Sekunde beträgt. Diese scheinbare Distanz fällt jetzt ohngefähr mit derjenigen, die wir bei rechtwinklicher Ansicht haben würden, zusammen, später entfernt sie sich von ihr nach Innen. Um 1887 wird er sein Perihel erreichen und dann nur 2″ vom Hauptstern entfernt sein, später scheinbar noch mehr zusammenrücken und für die Beobachtung schwieriger werden.

Von den auf Taf. XIV dargestellten Doppelsternen hat nur die scheinbare Bahn gezeichnet werden können; η Cassiopejae wird wahrscheinlich noch ein Jahrhundert laufen müssen, ehe eine Bahnbestimmung gewagt werden kann; noch längere Zeit υ′ Cancri und der 1757ste Struve'sche Stern. Dagegen scheint bei ξ Bootis, 44 Bootis, ω Leonis dieser Zeitpunkt nicht mehr fern zu sein; und von ζ Cancri, einem dreifachen Stern, lässt sich die Umlaufszeit des nähern Begleiters schon jetzt auf 58 Jahre bestimmen, nur für die übrigen Elemente der Bahn werden wir noch einige Jahrzehnde warten müssen; da er zwischen 1782 und 1826 nicht beobachtet worden ist. Der 2te und entferntere Begleiter dagegen hat in 58 Jahren kaum den 10ten Theil seines scheinbaren Umlaufs zurückgelegt, und über den wahren lässt sich jetzt und in der nächsten Zukunft noch gar nichts bestimmen.

Der Stern 44 Bootis, den *Herschel* 1781, und erst nach einem Zwischenraum von 38 Jahren *Struve* wieder beobachete, muss in der Zwischenzeit eine fast centrale Bedeckung des Begleiters vom Hauptstern (oder umgekehrt) dargeboten haben. Jetzt gehört er gar nicht mehr zu den schwierigen Doppelsternen.

Im Allgemeinen kann man, da die Beobachtungen der Doppelsterne, des ungemein kleinen Winkels wegen, den für unsern Anblick die ganze Bahn einschliesst, verhältnissmässig weit ungenauer ausfallen als die eines Körpers unsers Sonnensystems, nicht erwarten, eine Bahn dieser Art auch nur annähernd zu bestimmen, wenn nicht mindestens ¼ derselben wirklich beobachtet ist.

Tab. XV. — XVIII.

Der gestirnte Himmel.

In 4 Blättern.

Es sind die im nördlichen Deutschland bequem sichtbaren Gestirne dargestellt. Das erste (Mittel-) Blatt enthält die Sterne vom Pol bis zum 30° der nördlichen Breite, und an diese kreisförmige Darstellung schliessen sich 3 Blätter, zonenartig entworfen, jedes 8 Sternstunden (120 Grad) enthaltend und von + 30° bis — 30° reichend. Die gewöhnlichen Sternbilder sind weggelassen, da sie die klare Uebersicht und Vergleichung mit dem Himmel nur erschweren und zum bequemen Auffinden gar nichts beigetragen, dagegen sind die Namen der Sternbilder, ihre Grenzen und die Namen der vorzüglichsten Sterne angegeben. Die Sterngrössen sind auf Taf. IV. angegeben, und die, welche durch einen Buchstaben bezeichnet sind, durch diesen noch besonders hervorgehoben. Das Gradnetz ist das des Aepuators und Pols, die Ekliptik ist angegeben, nicht aber ihre Parallkreise. Nebelflecke und Sternhäufchen sind durch kleine punktirte Flächen angedeutet.

Die Gestirne des mittleren Blattes, in dessen Centro der Pol und nahe bei ihm die Polarsterne stehen, enthält alle diejenigen Sterne, welche für Berlin und Mitteleuropa überhaupt nicht untergehen, und reicht noch etwas über diese Gegend hinaus. Man wird am besten damit anfangen, wenn man die Gestirne kennen zu lernen beabsichtigt. Man merke sich vor Allem die 7 hellen Sterne des grossen Bären, die 5 der Cassiopeja, nebst den beiden Sternen erster Grösse Capella und Wega. Diese 4 Gestirne umgeben fast symetrisch den Pol, und mit ihrer Hülfe lernt man auch die zwischenliegenden Gestirne des Drachen, Cepheus, Schwan, Hercules, Andromeda, Perseus u. s. w, kennen. Die übrigen auf- und untergehenden Sterne kann man nicht alle in jeder Nacht, sondern nur nach und nach im Laufe des Jahres wahrnehmen. Welche Gestirne man in jeder Nacht zu sehen bekomme, kann man im Allgemeinen aus folgender Tafel abnehmen.

Am 21. Sept.	culminiren	die	Sterne	von	0	AR.	um Mitternacht
„ 21. Oct.	„	„	„	„	2	„	„
„ 21. Nov.	„	„	„	„	4	„	„
„ 21. Dec.	„	„	„	„	6	„	„
„ 21. Jan.	„	„	„	„	8	„	„
„ 20. Febr.	„	„	„	„	10	„	„
„ 22. März	„	„	„	„	12	„	„

Am 22. April	culminiren	die	Sterne	von	14 AR.	um	Mitternacht
„ 22. Mai	„	„	„	„	16	„	„
„ 22. Juni	„	„	„	„	18	„	„
„ 22. Juli	„	„	„	„	20	„	„
„ 21. August	„	„	„	„	22	„	„

Je weiter südlich vom Aequator ein Gestirn steht, desto mehr muss man die Culmination desselben beachten, da die südlichsten überhaupt noch sichtbaren, es nur in der Culmination sind. Die Sterne des Scorpions und Schützen, so wie die südlichsten des Ophiuchus, sind nur in den Mitternächten des Sommers sichtbar; die nördlich vom Aequator liegenden Gestirne können um die Zeit ihrer Mitternachtsculmination die ganze Nacht hindurch wahrgenommen werden.

Tab. XIX.

Hauptregionen der Nebelflecke.

Durch die beiden *Herschel*, Vater und Sohn, haben wir über 2000 dieser merkwürdigen Körper des Firmaments kennen gelernt. Allein sie zeigen sich am Himmel höchst ungleich vertheilt; während grosse Räume, deren einige wohl $^1/_{30}$ des gesammten Himmels umfassen, ganz leer von ihnen sind, zeigen sie sich in andern Gegenden so dicht gedrängt, dass auf einen Raum von 1° Länge und 1° Breite ($^1/_{41000}$ des Himmels) deren mehrere kommen. Der dichteste, im Sternbilde der Jungfrau sich zeigende Nebelfleckshaufen ist auf diesem Blatte dargestellt, das sich von 183° 57′ bis 189° 24′ der geraden Aufsteigung und + 11° 54′ bis + 14° 40′ der Abweichung erstreckt. So weit es möglich war, sind die Nebelflecke nach ihrer Ausdehnung, Gestalt und Lichtstärke gegeben. Die meisten zeigen nach der Mitte zu eine Verdichtung, oft eine sternförmige, nur wenige sind auflösbar, was durch Punktirung des Grundes angedeutet ist. Man findet hier mehrere Doppelnebel, d. h. solche, die durch ihr nahes Zusammenstehen und sonstige Uebereinstimmung auf eine engere physische Verbindung zu deuten scheinen und so ein Analogon der Doppelsterne bilden. Einige sind lichtstark genug, um in günstigen Nächten (die Mitternächte des April sind für diese Gegend am meisten geeignet) schon mit mässigen Ferngläsern von 3—4 Zoll Apertur wahrgenommen werden zu können; doch erreicht keiner den Glanz

der stärksten, wie Orion's und Andromeda's Nebelflecke ihn zeigen. Die zwischen ihnen befindlichen Sterne sind grösstentheils teleskopisch.

Nur wenige Nebelflecke zeigen eine scharfe Begrenzung; von den auf diesem Blatte befindlichen kein einziger. *Herschel* bezeichnet die scharf begrenzten, grösstentheils kreisförmigen oder sehr mässig elliptischen Nebelflecke als planetarische, nicht als ob wirklich etwas Planetenartiges in ihnen zu vermuthen sei, sondern nur, weil sie, dem äussern Ansehn nach einem schwach erleuchteten Planeten am nächsten kommen.

Tab. XX.

Gruppe der Plejaden.

Inhalt der Zahlen-Tafeln.

Druck von A. C. Schiementz u. Co. in Berlin.

Druck von C. A. Schiementz u. Co. in Berlin.

Edmund Neison : [illegible] H. J. Klein [illegible] 1878. [18 M]

H. J. Klein : [illegible] I. [illegible] ; II. [illegible] [13 M].

[illegible] Engelmann [illegible] 1881 [illegible]





